Protozoen
384-232
Vom Verfasser
E. Hartmann

Kißkalt und Hartmann

Praktikum der Bakteriologie und Protozoologie

Zweiter Teil

Protozoologie

Von

Prof. Dr. M. Hartmann
Mitglied des Kaiser-Wilhelms-Instituts für Biologie in Berlin-Dahlem
und Privatdozent der Zoologie an der Universität Berlin.

Dritte Auflage

Mit 83 teilweise farbigen Abbildungen im Text

Jena
Verlag von Gustav Fischer
1915

K16148

Praktikum der Bakteriologie und Protozoologie.

Von **Kißkalt** und **Hartmann.** Dritte, umgearbeitete und erweiterte Auflage.

Erster Teil: **Bakteriologie.** Von Prof. Dr. **Kißkalt,** o. ö. Professor der Hygiene an der Universität Königsberg. Mit 40 Abbildungen im Text. (VIII, 112 S. gr. 8°). 1914. Preis: 3 Mark, geb. 4 Mark.

Autogamie bei Protisten und ihre Bedeutung für das Befruchtungsproblem.

Von Prof. Dr. **Max Hartmann,** Privatdozent an der Universität Berlin. Mit 27 Abbildungen im Text. (Abdruck aus „Archiv für Protistenkunde". Bd. 24.) (72 S gr. 8°.) 1909. Preis: 2 Mark 50 Pf.

Inhalt: Einleitung. — Nomenklatur. — **Das Vorkommen autogamer Befruchtungsvorgänge bei Protisten.** I. Isoliert stehende Fälle von Paedogamie. II. Isoliert stehende Fälle von Autogamie. III. Paedogame Autogamie. a) Protozoen. b) Protophyten. IV. Parthenogamie. a) Protozoen. b) Protophyten. V. Pseudogamie. — **Allgemeine Betrachtungen.** I. Ist die Autogamie eine primitive oder rückgebildete Befruchtung? II. Autogamie und das Wesen der Befruchtung. III. Autogamie und die biologische Bedeutung der Befruchtung. Die Weismannsche Amphimixis. Die modernen Verjüngungshypothesen; R. Hertwigs Kernplasmaregulation; Schaffung eines neuen trophischen Kernes nach Moroff. — Die Bütschli-Schaudinnsche Sexualitätshypothese. — Literaturverzeichnis.

Es erschien dem Verfasser eine dankbare Aufgabe, alle hier bekannt gewordenen Fälle von autogamer Befruchtung bei tierischen und pflanzlichen Protisten übersichtlich und kritisch zusammenzustellen und ihren Beziehungen zu anderen bekannten Befruchtungsvorgängen nachzuspüren, einerseits um die Bedeutung dieser Vorgänge als echte Befruchtungsakte zu erweisen und andererseits um die angedeutete Ableitung, die in der bisherigen Literatur nicht oder kaum berücksichtigt, so weit als möglich durchzuführen. Dabei war er bestrebt, besonders auch die pflanzlichen Protisten mit in die Betrachtung zu ziehen und dadurch etwas dazu beizutragen, die leider immer noch sehr geringen, aber so überaus wünschenswerten Beziehungen zwischen pflanzlicher und tierischer Protistenkunde etwas inniger zu gestalten. In den Darstellungen werden dann weiterhin auch die Tragweite und Bedeutung dieser Befunde für das Befruchtungsproblem erörtert. Dabei wird vor allem die Befruchtungshypothese von Schaudinn, die in ähnlicher Weise schon vor 20 Jahren von Bütschli geäußert wurde, näher besprochen und weiter begründet.

Die Konstitution der Protistenkerne und ihre Bedeutung für die Zellenlehre.

Von Prof. Dr. **Max Hartmann,** Privatdozent der Zoologie an der Universität Berlin. Mit 13 Abbildungen im Text. (V, 54 S. gr. 8°.) 1911. Preis: 1 Mark 60 Pf.

Inhalt: 1. Monoenergide Kerne. 2. Physiologisch differente Kerne und die Doppelkernigkeitslehren. 3. Polyenergide Kerne und ihre Bedeutung für die Metazoenzelle. 4. Rückblick und Ausblick. — Literatur.

Biologisches Centralblatt, 32. Bd. Nr. 3 vom 20. März 1912:

. . . Die kleine Schrift von Hartmann, die einen Vortrag auf dem Zoologenkongreß in erweiterter Form bietet, ist sehr geeignet, einen Ueberblick über diese neuen Tatsachen und die neuen Probleme zu bieten; so sehr die persönlichen Meinungen des Verf. darin voranstehen, so objektiv wird doch auch auf die Möglichkeit anderer Auffassung der Beobachtungen hingewiesen. Zu einem genaueren Referat eignet sich das Schriftchen nicht, weil es selbst ein sehr konzises Referat darstellt, um so mehr aber kann sein Studium anempfohlen werden.

Kompendium der biologischen Beurteilung des Wassers.

Von Prof. Dr. **Julius Wilhelmi,** Wissenschaftl. Mitglied der Kgl. Landesanstalt für Wasserhygiene Berlin-Dahlem. Mit 148 Abbildungen im Text. 1915. Preis: 2 Mark 60 Pf., geb. 3 Mark 20 Pf.

Inhalt: I. Allgemeines, kurze historische Uebersicht und die wichtigere Literatur. — II. Binnengewässer und Abwässer. — III. Brack- und Meerwasser und die Einwirkung von Abwässern auf dasselbe. — IV. Bedeutung der Biologie für die Trinkwasserversorgung.

Nachdem in den letzten Jahren neben den chemischen und bakteriologischen Methoden die biologische Beurteilung des Wassers eine immer größere Bedeutung angenommen hat, entschloß sich der Verfasser, dieses kurze Kompendium herauszugeben, welches sich sowohl mit der Biologie der Trinkwasserversorgung, als auch mit den Verhältnissen befaßt, wie sie bei den Abwässern, Binnengewässern, dem Meer- und Brack-
chlein ist für die Praxis geschrieben und trägt daher dem
ssierten Kreise den verschiedensten Berufskategorien an-
Rechnung.

22900284976

Med
K16148

Kißkalt und Hartmann

Praktikum der Bakteriologie und Protozoologie

Zweiter Teil

Kißkalt und Hartmann

Praktikum der Bakteriologie und Protozoologie

Zweiter Teil

Protozoologie

Von

Prof. Dr. M. Hartmann
Mitglied des Kaiser-Wilhelms-Instituts für Biologie in Berlin-Dahlem
und Privatdozent der Zoologie an der Universität Berlin.

Dritte Auflage

Mit 83 teilweise farbigen Abbildungen im Text

Jena
Verlag von Gustav Fischer
1915

Alle Rechte vorbehalten

31631048

WELLCOME INSTITUTE LIBRARY
Coll. welMOmec
Call No. QW

Vorwort zur dritten Auflage.

Die dritte Auflage des Praktikums der Protozoologie hat wieder in fast allen Kapiteln Verbesserungen und Veränderungen erfahren. Besonders die Kapitel über Entamöben und über Haemoproteus sind den neueren Forschungen entsprechend umgearbeitet worden. Neu hinzugekommen ist ein Abschnitt über *Leptomonas jaculum*. Die Zahl der Abbildungen ist um 7 vermehrt worden, außerdem wurde wieder ein Teil der früheren Figuren durch bessere neue ersetzt. Für die Auswahl der Literaturangaben waren die gleichen Gesichtspunkte maßgebend, wie in der vorigen Auflage, d. h. es sollte keine Übersicht, sei es auch nur der wichtigsten neuen Literatur gegeben werden sondern nur die Originalarbeiten und zusammenfassenden Darstellungen auf die sich die Darstellung im Praktikum gründet.

Dahlem b. Berlin, April 1915.

Max Hartmann.

Aus dem Vorwort zur ersten Auflage.

Das vorliegende Praktikum ist zur Ausbildung des Mediziners in der Protistenkunde bestimmt.

Der zweite Teil bezweckt, den Mediziner praktisch und theoretisch mit den wichtigsten Protozoen bekannt zu machen. Die Protozoen besitzen zwar noch nicht die große praktische Bedeutung für die Medizin wie die Bakterien, doch mehrt sich täglich die Zahl der bekannten pathogenen Arten. In den Tropen spielen sogar die Protozoenkrankheiten direkt die Hauptrolle. Auch bei manchen ätiologisch noch nicht aufgeklärten Krankheiten kommen vermutlich Protozoen in Frage, und es dürfte daher vor allem auch für die weitere ätiologische Forschung eine Ausbildung in der Protozoenkunde erwünscht sein.

Beim Studium der pathogenen Protozoen treten die Methoden des Bakteriologen, vor allem die Bedeutung der Reinkultur, in den Hintergrund gegenüber genauen morphologisch-entwicklungsgeschichtlichen, also in erster Linie mikroskopischen Untersuchungsmethoden. Vor allem steht die Entwicklungsgeschichte bei dem jetzigen Stande der Forschung in erster Reihe. Ein richtiges Verständnis derselben kann aber nur auf breiter vergleichender Basis gewonnen werden. Aus diesem Grunde sind im zweiten Teile des Praktikums vielfach nicht pathogene Arten behandelt und dabei die Entwicklung am meisten betont. Für die Auswahl der behandelten Arten war einmal ihre theo-

retische oder praktische Bedeutung maßgebend, dann wurde großes Gewicht auf günstige Untersuchungsobjekte gelegt, bei denen viel gesehen werden kann und die gut zu beschaffen sind. Immerhin wurde bei der Auswahl die Interessensphäre des Mediziners stets im Auge behalten, doch hofft trotzdem der Verfasser, daß das Praktikum auch dem Studierenden der Zoologie von gutem Nutzen sein wird.

Aus den angegebenen Gründen, d. h. wegen der gebotenen Beschränkung des Stoffes, ist dieser Teil noch weniger bestimmt, die Lehrbücher der Protozoenkunde und Bakteriologie zu ersetzen, und es sei zur Ergänzung auf die ausführliche Bearbeitung und Zusammenstellung der pathogenen Protozoen, wie sie in dem Werk von Doflein und den diesbezüglichen Kapiteln des Handbuchs der Tropenkrankheiten von Mense und des Handbuchs der pathogenen Mikroorganismen von Kolle und Wassermann vorliegen, hingewiesen.

Auf die Ausführlichkeit des Registers wurde in beiden Teilen besonderer Wert gelegt, so daß das Werk auch zum Nachschlagen Dienste leisten kann.

Das Buch ist aus der Praxis hervorgegangen; schon längere Zeit, bevor an die Drucklegung nur gedacht wurde, wurde von Praktikanten nach dem Manuskript gearbeitet. Trotzdem sind sich die Verfasser bewußt, daß sich anderwärts beim Gebrauche noch Mängel zeigen mögen und sind für Ratschläge zur Verbesserung stets dankbar.

Aus dem Vorwort zur zweiten Auflage.

Die vorliegende Neuauflage ist gegenüber der ersten ziemlich erweitert. Neu hinzugekommen sind ein Abschnitt über „Allgemeine Technik der Protozoenuntersuchung“ sowie die Kapitel über Myxosporidien und Sarcosporidien. In den übrigen Kapiteln wurden vielfach kleine Verbesserungen und Ergänzungen angebracht, ferner folgende Arten neu eingefügt: *Amoeba lacertae, Amoeba diploidea, Entamoeba muris, Entamoeba tetragena, Trichomonas muris, Lamblia* (und *Octomitus*) *muris, Leucocytozoon ziemanni, Proteosoma praecox* und *Balantidium coli.* Einem mehrfach geäußerten Wunsche folgend wurden auch Literaturangaben zugefügt. Dieselben beschränken sich jedoch auf die Arbeiten, die der speziellen Darstellung zugrunde liegen. Die Zahl der Abbildungen ist um 26 vermehrt, und auch von den früheren Abbildungen wurde ein Teil durch neue Originalfiguren ersetzt, die ich meiner Frau verdanke. Herrn Dr. Jollos habe ich zu danken für seine Mitarbeit an dem Kapitel über allgemeine Technik. Das neue Register hat Herr Dr. Nägler liebenswürdigerweise hergestellt. Auch ihm meinen besten Dank.

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Einleitung 1
Allgemeine Übersicht über Bau und Entwicklung der Protozoen 5
System der Protozoen 10
Allgemeine Technik der Protozoenuntersuchung 12

I. Amoebina.

Allgemeines 16
Technische Bemerkungen 16
Spezieller Kurs. *Amoeba lacertae* 18
Amoeba diploidea 20
Entamoeba buccalis 22
Entamoeba coli 23
Entamoeba muris 25
Entamoeba histolytica 26
Literatur 29

II. Myxosporidia.

Allgemeines 29
Technische Bemerkungen 30
Spezieller Kurs. *Sphaeromyxa sabrazesi* 30
Literatur 33

III. Sarcosporidia.

Allgemeines 33
Technische Bemerkungen 34
Spezieller Kurs. *Sarcocystis tenella* 34
Literatur 36

IV. Flagellata.

Allgemeines 37

a) Protomonadina.
Allgemeines 38
Technische Bemerkungen 38
Spezieller Kurs. *Bodo lacertae* 39
Trichomastix lacertae 42
Trichomonas lacertae 44
Trichomonas muris 45
Lamblia (und *Octomitus*) *muris* 46
Literatur 48

b) Binucleata.
Allgemeines 48
Technische Bemerkungen 50
Spezieller Kurs. *Leptomonas jaculum* 51
Trypanosoma lewisi 53
Trypanosoma brucei 59
Haemoproteus noctuae 59
Leucocytozoon ziemanni 65
Anhang: *Culex* und *Anopheles* 65
Plasmodium vivax 69
Plasmodium malariae 73
Plasmodium immaculatum 74
Proteosoma praecox 75
Piroplasma (Babesia) canis 76
Literatur 78

V. Coccidia. Seite

Allgemeines 79
Technische Bemerkungen 82
Spezieller Kurs. *Eimeria stiedae* 82
Literatur 88

VI. Gregarinida.

Allgemeines 88
Technische Bemerkungen 89
Spezieller Kurs. *Monocystis* spec. 90
Literatur 93

VII. Ciliata.

Allgemeines 93
Technische Bemerkungen 94
Spezieller Kurs. *Opalina ranarum* 95
Balantidium entozoon 96
Balantidium coli 97
Nyctotherus cordiformis 98
Literatur 98

VIII. Spirochaetoidea.

Allgemeines 99
Technische Bemerkungen 100
Spezieller Kurs. *Cristispira balbianii* 102
Spirosoma (*Spironema*) *buccale* und *dentium* 103
Treponema pallidum und *refringens* 104
Literatur 105

Einleitung.

Der protozoologische Teil des Praktikums ist in allgemeine, technische und spezielle Abschnitte eingeteilt. Diese Trennung erschien wünschenswert, um die entwicklungsgeschichtliche Darstellung, die meist in den Vordergrund gestellt wurde, nicht auseinander zu reißen. Vorausgeschickt ist ein kurzer Überblick über Bau und Entwicklung, System und allgemeine Technik der Protozoen. Der behandelte Stoff kann, je nach Vorhandensein des Materials und etwaiger Ausdehnung des Studiums auf Details, in 3—4 Wochen bei 2—3-stündiger täglicher Arbeitszeit durchgenommen werden. Das Pensum der einzelnen Abschnitte ist bei dieser Einteilung naturgemäß nicht immer an einem Tage zu erledigen; doch können häufig Arbeiten verschiedener Abschnitte an einem Tage nebeneinander in Angriff genommen werden. Die Verteilung des Stoffes auf einzelne Tage muß dabei dem Leiter des Kurses oder beim Selbststudium dem Praktikanten überlassen bleiben. Es empfiehlt sich, den Inhalt eines speziellen Kapitels und die vorausgeschickten allgemeinen und technischen Bemerkungen stets zuvor im Zusammenhang durchzulesen, ehe man mit den praktischen Studien beginnt.

Vorausgesetzt werden die Kenntnisse eines histologischen Kurses, speziell die Kenntnis des Mikroskopes.

Für die Übungen sind folgende Instrumente, Chemikalien und Tiere nötig.

Instrumente etc.:

Objektträger, Deckgläser, einige hohlgeschliffene Objektträger. Die Höhlung darf nicht zu niedrig sein.

Petrischalen („Platten"): Glasschalen von etwa 10 cm Durchmesser und 1 cm Höhe mit Glasdeckel.

Kleinere Glasschalen (Kartoffelschalen) von 5 cm Durchmesser und 2 cm Höhe mit Glasdeckel.

Reagenzgläser aus gutem Glas, das öfteres Erhitzen auf 150° verträgt, ohne sich zu trüben. Am besten haben sich uns von Lautenschläger bezogene bewährt.

Reagenzglasgestell. Blechbecher oder Holzkiste (z. B. Zigarrenkiste) durch Scheidewände abgeteilt und am Boden mit Watte belegt, zum Hineinstellen der Reagenzgläser.

Glaskölbchen zu 100 ccm (Erlenmeyerkölbchen).

Uhrschälchen.

Flaschen mit eingeschliffenem Glasstopfen.

Cornetsche Pinzetten zum Festhalten der Deckgläser.
Scheren von etwa 13 cm Länge.
Skalpelle.
1 Pravazsche Spritze mit Asbestkolben zu 1 ccm, 1 zu 5 ccm, jede mit 2 spitzen und 2 abgestumpften Kanülen.
Pinzetten, darunter auch längere.
Thermometer.
Dreifüße.
1 Wasserbad (emaillierter eiserner Topf mit Ring zum Einhängen in einem Dreifuß).
2 Tropffläschchen zu 30 ccm.
Ein Satz von Gläsern (ca. 6—8) zur Färbung und Weiterbehandlung von Schnitten und Ausstrichen; am besten sind runde Gläser von der Höhe und dem Durchmesser der Objektträger (englisches Format) mit eingeschliffenem Glasstopfen, auf einem Brett montiert.
Eine Anzahl Tubusgläser verschiedener Größe mit Korkstopfen zum Konservieren und Aufheben von Material.
Kleine Pipetten mit Gummisaugern.
Trichter.
Meßzylinder.
Glasrohre von verschiedener Weite.
Etiketten.
Platindraht: 2 Stücke von 6, 2 von 11 cm Länge werden in Glasstäbe von 20 cm Länge eingeschmolzen und je einer an der Spitze zu einer Öse umgebogen. Die langen dienen nur zur Anaërobenzüchtung.
Einige Präpariernadeln.
Kleines Brett oder Waschbecken zum Präparieren.
Angenehm ist eine Präparierlupe; am besten (aber teuer) ein binokulares Präpariermikroskop von Zeiss.
Mikroskop mit Abbeschem Apparat und Irisblende. Zur mikroskopischen Ausrüstung genügen die Objektive 3, 6 oder 7 und Immersion $^1/_{12}$ von Leitz oder die entsprechenden A, D und $^1/_{12}$ Immersion von Zeiss. Vorzuziehen ist jedoch eine Apochromatimmersion 2 mm von Zeiss mit den Kompensationsokularen 4, 6, 8 und 12. Letztere sind für genauere morphologische Untersuchungen unbedingt notwendig und auch mit der gewöhnlichen Immersion mit Vorteil verwendbar.
Als bestes Licht zum Mikroskopieren empfiehlt sich Gasglühlicht mit Schusterkugel oder Linse. Man sucht zunächst durch Drehen des Spiegels möglichste Helligkeit zu erlangen, stellt dann das Präparat bei starker Vergrößerung ein und dreht den Spiegel hin und her und den Abbe abwärts, bis man ein genaues Bild des leuchtenden Gegenstandes also des Glühstrumpfes, hat. Dann dreht man den Abbe ganz wenig in die Höhe, wodurch man über das ganze Präparat größte Helligkeit erhält.

Fixierungsflüssigkeiten:

Sublimatalkohol nach Schaudinn: zwei Teile konzentrierte wäßrige Sublimatlösung (7 g in 100 ccm kochendem destillierten Wasser gelöst) und ein Teil absoluter Alkohol.
Osmiumsäure 2% (in rotem Glas mit weitem, eingeschliffenem Glasstopfen aufzubewahren).

Platinchloridosmiumessigsäure (Hermannsche Flüssigkeit): 1% Platinchlorid 75 ccm, 2% Osmiumsäure 4 ccm, Eisessig 1 ccm.

Chromosmiumessigsäure (Flemmingsche Flüssigkeit): 1% Chromsäure 15 Teile, 2% Osmiumsäure 4 Teile, Eisessig 1 Teil.

Farblösungen:

Boraxkarmin.
Pikrokarmin nach Weigert.
Delafields oder Grenachers Hämatoxylin.
Giemsa-Lösung.
Löfflers Geißelbeize.

} Diese Lösungen am besten fertig bezogen von Dr. Grübler-Leipzig.

Karbolfuchsin: 100 ccm 5% Karbollösung + 10 ccm konzentrierte alkoholische Fuchsinlösung.

Eisenhämatoxylin nach Heidenhain.

a) Beiz- und Differenzierungsflüssigkeit: Eisenoxydammoniumsulfat 3,5 g, destill. Wasser 100 ccm.

b) Farblösung: Hämatoxylin 1 g, Alkohol 10 ccm, destill. Wasser 90 ccm (in roter Flasche aufzubewahren und am besten 4 Wochen vor Gebrauch herzustellen).

Eisenhämatoxylin nach Breinl-Rosenbusch.

a) Beizflüssigkeit wie bei Heidenhain.

b) Alkoholische Hämatoxylinlösung: 1 g Hämatoxylin auf 100 ccm Alkohol 94%.

c) Lithionkarbonat, konzentrierte wäßrige Lösung in Tropfflasche.

Eisenchlorid-Hämatoxylin nach Weigert.

a) Eisenchlorid off. 4 Teile, Salzsäure off. 1 Teil, Wasser 100 Teile.

b) Alkoholische Hämatoxylinlösung.

Karmin nach Best zur Glykogenfärbung.

Karmin 1,0 g, Amm. chlorat. 2,0 g, Lith. carbon. 0,5 g wird mit Aq. dest. 50,0 einmal aufgekocht, nach Erkalten Liqu. Amm. caust. 20,0 g zugesetzt. Lösung im Dunkeln aufbewahren. Brauchbar vom 3. Tage an einige Wochen.

Safranin O (von Grübler u. Hollborn), konzentrierte alkoholische Lösung.

Bordeaux-Rot, schwache wäßrige Lösung.

Eosin, schwache wäßrige Lösung.

Lichtgrün, schwache wäßrige und alkoholische Lösung.

Sonstige Flüssigkeiten:

Physiologische Kochsalzlösung 8 g in 1 l destilliertem Wasser.

Natriumthiosulfat, 0,5% wäßrige Lösung.

Natrium-citricum-Lösung $2^1/_2$—5%.

Jodalkohol 60% (Jodzusatz bis zu hellbrauner Färbung).

Salzsaurer Alkohol (0,1 ccm Salzsäure auf 100 ccm 70% Alkohol).

Alkohol von 60, 70, 94 und 100% (absoluter Alkohol). Der käufliche „absolute Alkohol" enthält noch 1—2% Wasser; um ihm dieses zu entziehen, glüht man Kupfersulfat in einer Porzellanschale, bis es weiß wird, bringt gleich nach dem Erkalten in ein Pulverglas so viel, daß es den Boden bedeckt und übergießt es mit „absolutem Alkohol".

Xylol + Alkohol.

Xylol.

Aceton.

Letztere 8 Flüssigkeiten verwende man auch zum Füllen des auf S. 2 erwähnten Gläsersatzes.

Cedernöl.

Kanadabalsam.

Tiere:

Eidechsen (*Lacerta agilis* oder *viridis*) für *Amoeba lacertae, Bodo lacertae, Trichomastix lacertae* (80—100 % natürlich infiziert).

Seepferdchen (*Hippocampus guttulatus*) mit natürlicher Infektion von *Sphaeromyxa sabrazesi*. Alle Individuen fast immer stark infiziert.

Sind keine lebenden Seepferdchen zu bekommen, dann nehme man Hechte mit natürlicher Infektion von *Myxidium lieberkühni* (fast alle Individuen gut infiziert) oder Barben mit natürlicher Infektion von *Myxobolus pfeifferi* (in manchen Flüssen, wie Mosel und Neckar, starke Epidemien).

Mäuse mit künstlicher Infektion von *Sarcocystis tenella*. Man muß dazu Hammelfleisch mit Sarcosporidiencysten (von Schlachthöfen leicht zu erhalten) 2 und 3 Monate vorher in fein verhacktem Zustand verfüttern.

Wasserwanzen (*Nepa cinerea*) oder Schlafläuse (*Melophagus ovinus*) mit natürlicher Infektion von *Leptomonas jaculum* oder *Leptomonas melophagae* (80—100 % infiziert).

Weinbergschnecken mit natürlicher Infektion von *Trypanoplasma helicis* (90—100 % natürlich infiziert).

Graue oder weiße Mäuse für *Trichomonas muris, Lamblia muris* und *Entamoeba muris*. Die beiden Flagellaten werden bei 80 bis 100 %, die Amöbe bei ca. 20 % der Tiere gefunden.

Graue Ratten mit natürlicher Infektion von *Trypanosoma lewisi* (sehr häufig).

Weiße Ratten für künstliche Infektion mit Trypanosomen.

Steinkäuze (*Athene noctua*) oder japanische Reisvögel mit natürlicher Infektion von *Haemoproteus*. Fast alle Vögel infiziert, doch nur wenige stark.

Kanarienvögel mit künstlicher Infektion von *Proteosoma praecox*.

Hund mit künstlicher Infektion von *Babesia canis*.

Frische Austern (*Ostrea edulis*) mit natürlicher Infektion von *Cristispira balbianii*. Frische Austern fast stets infiziert.

Kaninchen mit natürlicher oder künstlicher Infektion von *Eimeria stiedae*.

Regenwürmer mit natürlicher Infektion von *Monocystis* spec.

Frösche (*Rana esculenta*) für *Opalina, Balantidium entozoum* und *Nyctotherus cordiformis*.

Enddarm eines frisch geschlachteten Schweines mit *Balantidium coli*.

Allgemeine Übersicht über Bau und Entwicklung der Protozoen.

Die Protozoen sind einzellige Organismen. Ihr Körper, so hochdifferenziert er auch in einzelnen Vertretern ausgebildet sein mag, besitzt nur den Formwert einer einzigen Zelle. Wie jede Metazoenzelle weist ein Protozoon die beiden wesentlichen Bestandteile einer solchen auf, nämlich Protoplasma und Kern resp. Kernsubstanzen.

Das **Protoplasma** ist ein kompliziertes Gemisch von flüssigen Substanzen, worunter Eiweißgemenge (Proteine) die für die Lebensvorgänge wichtigsten sind. Der Aggregatzustand des Protoplasmas ist ein zähflüssiger. Die nackte Zelle unterliegt daher den physikalischen Gesetzen flüssiger Tropfen.

Am lebenden wie am konservierten und gefärbten Protoplasma läßt sich mikroskopisch ein feinerer Bau nachweisen, der sich als sog. Wabenbau oder alveoläre Struktur erweist. Die Eigentümlichkeit derselben besteht darin, daß in einem innigen Gemenge einer zähflüssigen und einer leichter flüssigen Substanz die erstere kleinste Tröpfchen der letzteren allseitig umschließt in Form von dünnen, miteinander in Verbindung stehenden Flüssigkeitslamellen. Das Protoplasma ist sonach ein schaumartiges Gemenge zweier Flüssigkeiten von verschiedener physikalischer Beschaffenheit. Wie bei allen Schaumgemengen stoßen auch beim Protoplasma stets nur 3 Wabenlamellen aneinander. An der äußeren Oberfläche sowie im Innern um größere Vakuolen oder den Kern stellen sich die Wabenwände entsprechend den Oberflächengesetzen senkrecht zur Oberfläche und bilden dadurch eine Reihe parallel gestellter Waben, den sog. Alveolarsaum.

Häufig kann man an der Protozoenzelle deutlich eine äußere zähere Schicht, das sog. Ektoplasma, von dem inneren flüssigeren Entoplasma unterscheiden. Das Ektoplasma kann besonders auf den sog. Pseudopodien direkt homogen sein. In den Wabenwänden finden sich, vor allem im Entoplasma, allerhand körnige oder tropfenförmige Einlagerungen verschiedenster chemischer Zusammensetzung, die sog. Mikrosome, Plasmosome, die offenbar Stoffwechselprodukte vorstellen, ferner häufig Reservestoffe, wie Glykogen, Volutin, Fett etc. Im Entoplasma treten ferner auch größere Vakuolen auf, die im Dienste des Stoffwechsels stehen und je nach der Ernährungsweise und dem Grade der Verdauung feste oder gelöste Stoffwechselprodukte enthalten. Eine be-

sondere Bedeutung kommt den sog. kontraktilen Vakuolen zu, die sich periodisch entleeren und wieder anfüllen und die als Exkretorganellen aufzufassen sind. Sie kommen nur bei Protisten vor.

Ferner finden sich in dem Protoplasma vielfach faserige oder fibrilläre Differenzierungen von vermutlich elastischer Beschaffenheit; sie sind zweifellos Bestandteile des lebenden Protoplasmas und entwickeln sich in den Wabenwänden. Das Protoplasma ist nämlich ein zweiphasiges kolloidales Gemisch, das die Fähigkeit hat, teilweise aus dem flüssigen oder Solzustande in den festen oder halbfesten Gelzustand überzugehen. Durch die im Gelzustand befindlichen, elastischen Differenzierungen wird auch vielfach die spezifische Gestalt der unbeschalten Protozoenzelle bedingt, die ohne dieselben in Anbetracht des flüssigen Aggregatzustandes Kugelform annehmen müßte. (Die Bedeutung dieser Gebilde für die Bewegung sowie die Bewegungserscheinungen überhaupt, werden im speziellen Teil erörtert werden.) In anderen Fällen wird die spezifische Gestalt durch Gelatinierung der Oberfläche, eine sog. Pelliculabildung, bedingt.

Kern. Der zweite unerläßliche Bestandteil jedes Protozoons ist der Kern. Der Kern ist in der Regel ein bläschenförmiges Gebilde, das sich von dem übrigen Protoplasma vor allem durch den Gehalt einer besonderen, mit gewissen Farbstoffen sich intensiv färbenden Substanz unterscheidet, das Chromatin, dem eben dieser Name infolge seiner Farbstoff aufnehmenden Eigenschaft beigelegt wurde. Es ist eine vorwiegend aus Nukleoproteiden bestehende Substanz, die sich meist in Form von einzelnen Körnern, Fäden oder größeren Kugeln vorfindet.

In der Regel sind die Chromatinkörner, besonders die größeren kugeligen, mit einer zweiten Kernsubstanz vermischt, gewissermaßen zusammengebacken, dem Plastin oder Paranuklein. Dasselbe ist die Substanz der echten Nukleolen oder Kernkörperchen der Metazoenzelle und kann auch (allerdings selten) wie dort in einem oder mehreren Körperchen gesondert im Kern vorkommen.

Im einfachsten Falle ist alles Chromatin und Plastin in einem einheitlichen, stark färbbaren kugeligen Körper vereinigt, der Karyosom oder Binnenkörper genannt wird und vom Plasma nur durch eine helle strukturlose Zone, die Kernsaftzone, getrennt ist. An dem Karyosom spielen sich im Laufe des Lebens komplizierte zyklische Veränderungen ab, die morphologisch in periodischer Abgabe und Wiederaufspeicherung seiner Komponenten zutage treten können. Dieselben gehen bei manchen (schon komplizierteren) Kernformen so weit, daß vom Karyosom nur noch das häufig scharf hervortretende zentrale Korn übrig bleibt, das bei der Kernteilung eine wichtige Rolle spielt und Centriol genannt wird.

Dadurch, daß bei höheren Kernformen die vom Karyosom ringsum abgetrennten Chromatinelemente dauernd in der Kernsaftzone bleiben, entsteht ein sog. Außenkern, wobei im Kernsaft durch Ausfällung ein achromatisches Wabenwerk, das sog. Liningerüst, zustande kommt, in dessen Knotenpunkten die Chromatinkörner des Außenkernes eingelagert sind. Bei den meisten Protozoen ist der Außenkern dauernd vorhanden.

Eine eigentliche Kernmembran, die das Kernbläschen gegen das übrige Protoplasma abschließt, ist teils vorhanden, teils nicht, macht also keinen wesentlichen Bestandteil des Kernes aus.

Durch physiologische Zustandsänderungen oder im Laufe der regulären Entwicklung kommt es häufig zu einem Austritt von chromatischer Substanz in das Protoplasma, wo sie in verschiedenster Form als Körnchen, Stränge, Brocken, Netze etc. der Wabensubstanz eingelagert sein kann. Diese Chromatinelemente im Protoplasma werden Chromidien genannt. Sie können bei manchen Formen dauernd vorkommen und sind wohl vorwiegend Reservestoffe.

Ebenso mannigfaltig wie der Bau ist auch die Teilung der Kerne; es finden sich die verschiedenartigsten Uebergänge (speziell bei bläschenförmigen Kernen) von einer scheinbaren amitotischen Durchschnürung bis zu hoch ausgebildeten Mitosen. In fast allen Fällen lassen sich bei der Kernteilung zwei Komponenten unterscheiden, eine generative Komponente, die den Chromosomen in der Metazoenmitose entspricht und eine lokomotorische Komponente, meist in Form einer Zentralspindel mit oder ohne Zentren (Nukleocentrosome, Polkappen oder Centriolen) an den Polen. Daher werden auch diese scheinbaren Amitosen und primitiven Mitosen besser als Promitosen bezeichnet. Beide Komponenten sind entweder im Karyosom vereint oder unregelmäßig auf Außenkern und Karyosom verteilt oder auch im Ruhekern dauernd als Außenkern und Karyosom unterschieden. Die Zentren (resp. die lokomotorischen Komponenten) gehen meist aus dem Binnenkörper hervor. Nur solche zentrale Binnenkörper, welche die lokomotorische Komponente bei der Kernteilung liefern, sind Karyosome (Karyosomkerne), anderenfalls sind es Nukleolen, die bei der Kernteilung häufig ausgestoßen werden. Derartige scheinbaren Karyosomkerne sind in der Weise zu verstehen, daß die lokomotorische Komponente (Centriol) sich von dem ursprünglichen Karyosom abgetrennt hat (Pseudokaryosomkerne).

In den wenigen Fällen, wo bei Protozoen echte Centrosome im Plasma auftreten (Heliozoen), nehmen auch diese ihren Ursprung aus dem Kern, und zwar vom Karyosom. Das Centrosom kann in diesen Fällen entweder als die ins Plasma übergewanderte lokomotorische Kernkomponente aufgefaßt werden oder aber (mit größerer Wahrscheinlichkeit) als ein durch heteropole Teilung entstandener zweiter Kern, dessen generative Komponente dauernd rückgebildet ist.

Wie es bei Metazoen verschieden differenzierte Zellen gibt, so kommen bei Protozoen verschieden differenzierte Kerne vor. Am meisten bekannt sind die Verhältnisse bei den Infusorien, bei denen sich somatische Kerne (sog. Makronuclei) und Geschlechtskerne (Mikronuclei) finden. Aehnliche Verhältnisse, wenn auch nicht so konstant, werden auch bei anderen Protozoengruppen angetroffen. Eine Differenzierung anderer Art findet sich bei manchen Flagellaten, nämlich in einen Hauptkern und den mehr lokomotorischen Geißelkern (Kinetonucleus) der den Geißelapparat bildet. Auch die Basalkörner der Geißeln der Flagellaten sind wahrscheinlich als derartig rückgebildete (differenzierte) Kerne aufzufassen, desgleichen das oben erwähnte Zentralkorn (Centrosom) der Heliozoen.

Die **Fortpflanzung** der Protozoen geschieht stets durch Teilung (Zellteilung) und die verschiedenen Modifikationen derselben. Jede Zellteilung ist hier zugleich ein Fortpflanzungsakt. Die einfachste Art ist die Zweiteilung, die bei Formen mit spezifischer Gestalt als Längs- oder Querteilung vor sich gehen kann. Eine Modifikation der Zweiteilung ist die sog. Knospung und Knospungsteilung, bei der

ein kleineres Stück von einem größeren abgeschnürt wird. Durch rasch hintereinander folgende, häufig unvollständige Teilungen kommt die sog. multiple Fortpflanzungsweise zustande, wodurch eine geringere oder größere Anzahl Kindindividuen zugleich entstehen. Der extremste Fall einer multiplen Fortpflanzungsweise ist der, daß die Elterzelle mit ihrem Kern auf einmal in eine Anzahl Sprößlinge zerfällt, die sog. Zerfallsteilung. In manchen Gruppen finden sich alle Übergänge von einer fortgesetzten, sich rasch folgenden Zweiteilung bis zu den erwähnten Zerfallsteilungen. Letztere werden in manchen Fällen (vor einer Befruchtung) Schizogonie genannt und ihre Produkte Merozoiten. In anderen Fällen, wo diese Teilungen innerhalb einer Cyste (nach einer Befruchtung) vor sich gehen, spricht man von Sporogonie und Sporozoiten. Im speziellen Teil werden wir eingehend die verschiedenen Modifikationen der Fortpflanzung kennen lernen.

Befruchtung. Ursprünglich unabhängig von der Fortpflanzung, einfach zwischen eine Anzahl Teilungen eingeschoben, finden sich bei allen Protozoengruppen Befruchtungsvorgänge. Das Wesen derselben besteht wie bei den Metazoen in der Verschmelzung zweier, vermutlich geschlechtlich verschiedener Kerne, deren Chromatinmenge, resp. Chromosomenzahl sich scheinbar vorher, in Wirklichkeit aber nachher durch besondere Teilungen reduziert. Zum Wesen eines Befruchtungsvorganges gehört also neben der Kernverschmelzung, der Karyogamie, die darauf folgende oder scheinbar vorausgehende Reduktion der chromatischen Substanz der beiden verschmelzenden Kerne.

Im einzelnen sind die Befruchtungsvorgänge bei den Protozoen äußerst mannigfaltig ausgebildet. Sie lassen sich einteilen in: Kopulation, Konjugation und Autogamie.

Die Kopulation schließt sich vollkommen den Verhältnissen an, wie wir sie bei den Metazoen kennen. Bei ihr verschmelzen zwei ganze Zellen miteinander. Die miteinander verschmelzenden Zellen werden Gameten genannt, das Produkt der Verschmelzung Copula oder Zygote und der aus der Vereinigung der beiden Kerne hervorgegangene neue Kern Synkaryon.

Kopulieren zwei morphologisch nicht unterscheidbare Zellen (eine physiologische Verschiedenheit braucht dabei jedoch nicht ausgeschlossen zu sein!), so spricht man von Isogamie und Isogameten. Dieselbe findet sich sowohl bei völlig erwachsenen, gewöhnlichen vegetativen Individuen (Hologamie), als auch eigens dazu gebildeten, meist kleineren Formen, die zudem noch durch eine besondere Modifikation der Fortpflanzung entstehen können (Merogamie). Die zweite Hauptgruppe der Kopulation ist die Anisogamie, bei der zwei auch morphologisch unterscheidbare Individuen kopulieren, die als männliche Mikrogameten und weibliche Makrogameten unterschieden werden. Es finden sich bei den Protozoen alle Zwischenstufen von ganz gering ausgebildeter, geschlechtlicher Verschiedenheit bis zur ausgesprochenen Oogamie oder Eibefruchtung durch spermatozoenartige Mikrogameten, wie bei den Metazoen.

Solange die Gameten noch keine Kernreduktion erfahren haben, pflegt man sie als Gametocyten zu bezeichnen, bei Anisogamie speziell als Makro- und Mikrogametocyten. Entweder wird der Gametocyt direkt zum Gameten (z. B. Makrogamet der Coccidien und Hämosporidien) oder aber die Reduktion vollzieht sich Hand in Hand

mit einer Vermehrung (z. B. Mikrogametenbildung der Coccidien und Hämosporidien und Makro- und Mikrogametenbildung der Gregarinen). In manchen Fällen spielt sich die Reduktion in genau derselben Weise ab, wie bei der Ei- und Samenreife der Metazoen, nämlich durch zwei aufeinanderfolgende Reifeteilungen, wodurch die Zahl der Chromosomen auf die Hälfte reduziert wird.

Die zweite Modifikation der Befruchtungsvorgänge ist die Konjugation, die sich ausschließlich bei den Ciliaten findet. Dabei verschmelzen zwei erwachsene Individuen an der Mundöffnung zeitweilig miteinander. Der Geschlechtskern eines jeden Individuums macht seine Reduktionsteilungen durch, teilt sich hierauf nochmals, worauf der eine der eben hervorgegangenen Kerne als Wanderkern (männlicher Kern) je in das andere Individuum überwandert, um dort mit dem zurückgebliebenen, stationären (weiblichen) Kern zu verschmelzen. Nach der gegenseitigen Kernverschmelzung trennen sich dann wiederum die beiden Individuen. Es handelt sich also um eine Doppelbefruchtung, die dadurch möglich ist, daß die Zelleiber nicht dauernd verschmelzen, sondern je ihren männlichen Kern austauschen.

Die dritte Modifikation ist die Autogamie oder Selbstbefruchtung, die fast ausschließlich auf die Protozoen (Rhizopoden und Flagellaten) und Pilze beschränkt ist. Sie vollzieht sich meist innerhalb einer Cyste und ihr Wesen besteht darin, daß der Kern eines einzigen Individuums sich zunächst in zwei Kerne, die Gametenkerne, teilt, die hierauf nach Ausstoßung je zweier Reduktionskerne wieder miteinander zu einem einzigen Synkaryon verschmelzen. Dieser Vorgang spielt sich also in einem einzigen Individuum ab. Durch die sogenannte Pädogamie, bei der die Gameten Geschwisterzellen 1., 2., 3. oder sonst niederen Grades sind, läßt er sich von der normalen Kopulation ableiten.

Eine gewisse Ähnlichkeit damit haben Vorgänge, wie sie sich bei der Parthenogenese finden. Als Parthenogenese bezeichnet man eine Fortpflanzung von weiblichen Gameten (Makrogameten, Eiern) ohne vorhergegangene Befruchtung. Dieselbe kommt auch bei Protozoen vor. Dabei vollzieht sich die Reduktionsteilung, aber ein Teil der Reduktionskerne verschmilzt hierauf wieder mit dem Gametenkern, wodurch ein ähnlicher Effekt wie bei der Befruchtung erzielt wird.

Wie schon eingangs betont, hat die Befruchtung mit der Fortpflanzung ursprünglich gar nichts zu tun; das ist besonders bei den Formen, bei denen sich die Befruchtung als Autogamie oder Konjugation abspielt, klar ersichtlich. Die Art der Fortpflanzung ist in all diesen Fällen vor und nach der Befruchtung stets dieselbe und man kann dann nur von einer agametischen Fortpflanzung und einem zwischen eine Reihe von Generationen eingeschobenen Befruchtungsvorgang reden. Von einer geschlechtlichen Fortpflanzung, einer Gametogonie, kann nur dann gesprochen werden, wenn sich in Anpassung an die Befruchtungsvorgänge, speziell die merogame Kopulation, besondere Geschlechtsformen (Gameten) herausgebildet haben, die auf andere Fortpflanzungsweise hervorgebracht werden als die gewöhnlichen Individuen, so daß sie nach Bau und Entstehung sich von diesen unterscheiden.

Encystierung. Eine weitverbreitete Erscheinung bei den Protozoen ist die Encystierung, d. i. die Bildung einer festen, widerstandsfähigen Hüllschicht um die sich zuvor meist kugelig zusammenziehende Zelle. Die Cyste dient der Protozoenzelle in erster Linie als Mittel,

ungünstige äußere Lebensbedingungen zu überdauern und ist demnach eine Schutzvorrichtung. Bei parasitischen Formen spielen die Cysten eine große Rolle, indem durch sie meistens die Neuinfektion bewerkstelligt wird. Die Cyste ist hier notwendig, da ja die Parasiten vielfach an ihren Wirt so angepaßt sind, daß sie außerhalb desselben nicht zu existieren vermögen. Häufig vollziehen sich innerhalb der Cyste auch Fortpflanzungs- und Befruchtungsvorgänge. Wir haben also nicht nur Schutz-, sondern auch Fortpflanzungs- und Befruchtungscysten. Für die ausschließlich parasitische Formen enthaltenden Sporozoen sind Cystenzustände besonders charakteristisch und gewöhnlich sind sie noch dadurch ausgezeichnet, daß die Fortpflanzungsprodukte gleichfalls mit festen Hüllen umgeben sind, die als Sporen (Sporocysten) bezeichnet werden. Daher kommt auch der für diese multiple Fortpflanzungsweise schon früher erwähnte Name Sporogonie.

Entwicklungszyklus. Die ganze Reihe von Generationen einer Protozoenspezies von einem Befruchtungsakt zum andern bildet den sog. Zeugungs- oder Entwicklungskreis dieser Art. In Fällen, wo mit der Befruchtung eine ausgesprochene Gametogonie ausgebildet ist, nimmt der Zeugungskreis die Form eines typischen Generationswechsels an, bei dem ungeschlechtliche Generationen mit einer Geschlechtsgeneration abwechseln. Der Generationswechsel kann noch komplizierter werden, indem noch weitere Generationen von besonderem Bau und besonderer Fortpflanzung eingeschoben werden, die spezifisch ausgebildet und an spezielle Verhältnisse angepaßt sind, so z. B. an die Neuinfektion (Cyste, Sporogonie) oder an das Leben in einem zweiten Wirt (Zwischenwirt).

System der Protozoen.

Stamm: **Protozoa.**

I. Klasse: **Sarcodina.**

1. Unterklasse: **Rhizopoda.**
   1. Ordnung: *Amoebina. (Hierher die Dysenterieamöben.)
   2. Ordnung: Testacea.
   3. Ordnung: Foraminifera.
2. Unterklasse: **Heliozoa.**
3. Unterklasse: **Radiolaria.**
4. Unterklasse: **Mycetozoa.**

II. Klasse: **Cnidosporidia.**
1. Ordnung: Microsporidia.
2. Ordnung: *Myxosporidia.
3. Ordnung: Actinomyxidia.
4. Ordnung: *Sarcosporidia.
Anhang: Haplosporidia.

III. Klasse: **Mastigophora.**
1. Unterklasse: **Flagellata.**
1. Ordnung: Rhizomastigina.
2. Ordnung: *Protomonadina. (Hierher Trichomonas und Lamblia.)
3. Ordnung: *Binucleata. (Hierher die Blutparasiten, Trypanosomen und Plasmodien.)
4. Ordnung: Euglenoidea.
5. Ordnung: Chromomonadina.
6. Ordnung: Phytomonadina.
2. Unterklasse: **Dinoflagellata.**
1. Ordnung: Peridinea.
2. Ordnung: Cystoflagellata.

IV. Klasse: **Sporozoa.**
1. Ordnung: *Coccidia.
2. Ordnung: *Gregarinida.

V. Klasse: **Infusoria.**
1. Unterklasse: **Ciliata.**
1. Ordnung: Holotricha.
2. Ordnung: *Heterotricha. (Hierher Balantidium.)
3. Ordnung: Oligotricha.
4. Ordnung: Hypotricha.
5. Ordnung: Peritricha.
2. Unterklasse: **Suctoria.**

Anhang: *Spirochaeten.

Die Ordnungen, die parasitische Formen enthalten, sind unterstrichen; diejenigen, von denen Vertreter im speziellen Teil des Praktikums besprochen werden, sind zudem mit einem Stern bezeichnet.

Allgemeine Technik der Protozoenuntersuchung.

Bei allen Protozoenuntersuchungen ist die Beobachtung am lebenden Objekt von der größten Wichtigkeit. Unentbehrlich für das Verständnis mancher Vorgänge (z. B. Bewegung und Ernährung) und für die Aufklärung von Wesen und Folge vieler Entwicklungsstadien, dient sie ferner auch als sicherste Kontrolle für die Richtigkeit und Deutung der an gefärbten Präparaten gewonnenen Bilder. Bei einiger Übung und ausgiebigem Gebrauch der Blenden und des Beleuchtungsapparates des Mikroskopes lassen sich nämlich bei den Protozoen selbst feinste Strukturen häufig im Leben beobachten.

Die Lebenduntersuchung soll, wenn möglich, in dem natürlichen Medium erfolgen. Nur wenn die zur Verfügung stehende Flüssigkeitsmenge zu gering ist (wie z. B. bei Darmparasiten kleiner Insekten), setzt man etwas physiologische Kochsalzlösung hinzu. — Ein Tropfen des zu prüfenden Materials wird auf einen Objektträger gebracht und ein Deckgläschen darüber getan, oder man bringt den Tropfen auf die Unterseite eines Deckglases, das man auf einen hohlgeschliffenen Objektträger legt („hängender Tropfen"). Um rasches Verdunsten der Flüssigkeit zu verhindern, ist im ersten Falle das Präparat für längere Beobachtungen mit Vaselin zu umranden, im letzteren bestreicht man vorher die Umgebung der Höhlung auf dem Objektträger dünn mit Vaseline und drückt dann das aufgelegte Deckglas leicht an.

Handelt es sich um lebhaft bewegliche Protozoen (z. B. Infusorien), so kann man das Medium durch Zusatz von etwas Gelatine oder noch besser von in Drogenhandlungen käuflichem sogenannten „Alga-Carrageen" (getrocknete Meeresalgen, die im Wasser schleimig aufquellen) zähflüssiger machen und auf diese Weise die Bewegungen verlangsamen.

Vor Benutzung der Ölimmersion orientiere man sich stets mit schwacher oder mittelstarker Vergrößerung über das Präparat. Da die meisten Protozoen im Verhältnis zu den Bakterien ansehnliche Größe aufweisen, so kann man sie schon bei diesen Vergrößerungen gut erkennen und im Präparat auffinden.

Die Beobachtung am lebenden Objekt wird häufig durch sog. Vitalfärbung erleichtert. Am besten eignet sich hierzu das Neutralrot in sehr verdünnter Lösung (1 : 800—1 : 10 000), von der man einen Tropfen am Rande des Deckglases hinzusetzt.

Zum genaueren Studium feinerer Strukturverhältnisse besonders des Kernes sind fixierte und gefärbte Präparate herzustellen, und zwar vor allem Ausstriche, daneben mitunter auch Schnitte.

Organstücke werden direkt mit Hilfe einer Pinzette auf einem Deckglas hingestrichen; von Darminhalt, Faeces u. dgl. nimmt man mit einer vorher geglühten Platinöse etwas auf und verstreicht es gleichfalls. Bei koagulierbaren Flüssigkeiten, so vor allem bei Blut-

untersuchungen, wird ein Tropfen auf einen Objektträger bzw. Deckglas in der Nähe des Randes gebracht und ein zweites Deckglas oder noch besser ein geschliffener Objektträger in schiefem Winkel darauf gesetzt, so daß sich das Blut an seinem Rande ausbreitet und dann rasch in gleichmäßiger Schicht über das Glas gezogen werden kann. [Es ist darauf zu achten, daß das Blut nicht von dem Objektträger bezw. Deckglas geschoben, sondern von ihm gezogen wird (Fig. 1).]

In allen Fällen sind die Ausstriche möglichst rasch herzustellen, da sie keinen Augenblick antrocknen dürfen! (Über Blut-Trockenpräparate s. unten.)

Sie müssen vor dem Antrocknen feucht fixiert und stets feucht weiterbehandelt werden. Die bestrichenen Deckgläschen oder Objektträger läßt man sofort mit der Schichtseite nach unten auf die betreffende Fixierungsflüssigkeit fallen, taucht sie später ein und kehrt sie um.

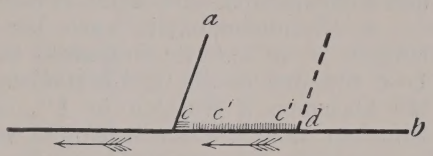


Fig. 1. a Erster Objektträger, b zweiter Objektträger, c Blutstreifen auf der hinteren Fläche des ersten Objektträgers, c^1 bereits ausgestrichene Blutschicht, d Stelle, auf dem der Objektträger aufgesetzt wurde. Aus Ruge.

Zur Fixierung von Protozoen benutzt man am besten Sublimatalkohol nach Schaudinn und Flemmingsche oder Hermannsche Flüssigkeit.

Für Ausstrichpräparate genügen einige Sekunden schon zum Fixieren, besonders wenn man die Fixierungsflüssigkeit heiß (ca. 50°) anwendet, was sich für viele Objekte empfiehlt. Gewebsstücke müssen $^1/_2$ Stunde und länger darin bleiben. Nach Sublimatalkohol wäscht man die Ausstriche in 60° Alkohol mit Jodzusatz etwa $^1/_4$—$^1/_2$ Stunde, nach Flemmingscher Lösung in destilliertem Wasser etwa 10 Minuten. (Gewebsstücke dagegen müssen länger, 6—12 Stunden gewaschen werden.) Nach dem Waschen führt man die Präparate in 60°, dann in 70° Alkohol.

In 70% Alkohol können die fixierten Präparate längere Zeit aufbewahrt werden. Will man gleich färben, so bringt man sie nach wenigen Minuten in destilliertes Wasser zurück.

Bezüglich der Herstellung von Schnitten sei auf die bekannten speziellen technischen Lehrbücher verwiesen (Literatur s. S. 15).

Zur Färbung kommen für Protozoen hauptsächlich folgende Methoden in Betracht:

1. Delafieldsches oder Grenachersches Hämatoxylin. Man färbt in stark verdünnter Lösung $^1/_2$ bis mehrere Stunden, eventuell über Nacht, je nach der Verdünnung. Hierauf spült man in Brunnenwasser gut ab und prüft ein Präparat unterm Mikroskop. Ist es überfärbt, so differenziert man mit salzsaurem Alkohol und kontrolliert unterm Mikroskop, bis die richtige Färbung erreicht ist. Dies ist dann der Fall, wenn die Kerne scharf zu erkennen sind. Hierauf abermaliges Abspülen mit Brunnenwasser, Überführen durch 70%, 94%, 100% Alkohol, Xylol + Alkohol in Xylol (je 1 Minute) und Einschließen in Cedernholzöl oder Kanadabalsam.

2. Boraxkarmin oder Pikrokarmin nach Weigert. Färbung etwa $^1/_2$ Stunde. Hierauf Differenzierung mit salzsaurem Alkohol, bis sich keine Farbstoffwolken mehr bilden. Dann durch die Alkoholstufen und Xylol in Cedernholzöl.

3. Heidenhains Eisenhämatoxylin (s. S. 3), wodurch die am stärksten differenzierten Färbungen erzielt werden. Die Ausstriche kommen aus dem destillierten Wasser für 4—12 Stunden (eventuell über Nacht) in die Eisenalaunbeize; dann spült man gut mit destilliertem Wasser ab und bringt sie auf 6—12 Stunden in die Farblösung, wo sie ganz schwarz werden. Hierauf wieder mit Wasser auswaschen und dann in der Eisenbeize die überflüssige Farbe ausziehen, was sehr rasch vor sich geht. Der richtige Zeitpunkt der Differenzierung muß unter dem Mikroskop festgestellt werden. Man legt den Deckglasausstrich auf einen großen Tropfen der Beizlösung auf den Objektträger und beobachtet im Mikroskop, bis die Kerne scharf differenziert sind. Das Chromatin der Kerne muß tief schwarzblau erscheinen, das Protoplasma schwach grau. Dann tüchtig abspülen in Leitungswasser und nach den Alkoholstufen und Xylol in Kanadabalsam oder Cedernöl einbetten.

4. Eisenhämatoxylin nach der Modifikation von Breinl-Rosenbusch (s. S. 3). Die Präparate kommen aus destilliertem Wasser für 1—6 Stunden in $3^1/_2$ % Eisenbeize, dann spült man ab und bringt sie für höchstens 5 Minuten in 1 % alkoholische Hämatoxylinlösung, der man vor dem Gebrauch tropfenweise so viel konzentrierte Lithionkarbonatlösung zugegeben hat, bis sie Rotweinfarbe annahm. Hierauf differenziert man wie bei der Heidenhain-Methode, doch benutzt man sehr verdünnte Eisenbeize, da die Differenzierung äußerst rasch geht. Abspülen in Leitungswasser etc., wie bei 3. Diese Methode dient vorwiegend für Blutparasiten.

5. Eisenchlorid-Hämatoxylin nach Weigert (S. 3). Man bringt die Präparate aus dem Wasser auf 10—20 Minuten in eine Mischung von gleichen Teilen von a) Eisenchlorid-Salzsäurelösung und b) alkoholischer Hämatoxylinlösung, die aber 20 Minuten vor Gebrauch herzustellen ist. (Die Mischung kann dann mehrere Tage verwendet werden.) Hierauf abspülen in Brunnenwasser und durch Alkoholstufen und Xylol in Cedernöl. Diese letztere sehr bequeme Methode liefert ohne Beizung und Differenzierung oft ähnliche Resultate wie die Heidenhainsche Eisenhämatoxylinfärbung, versagt aber leider bei vielen Objekten.

6. Safranin-Lichtgrün. Man bringt die Präparate nach Fixierung mit Flemmingscher Flüssigkeit (aus Alkohol) auf 1—24 Stunden in konzentrierte alkoholische Safraninlösung (am besten in der Wärme 37 °), wäscht in Alkohol aus, führt durch Alkoholstufen und färbt einige Sekunden in alkoholischer Lichtgrünlösung nach. Die Methode gibt sehr schöne Farbenunterschiede bei den einzelnen Komponenten der Kernteilung. Die Äquatorialplatte einer Promitose wird dabei grün, die Polkappen und Zentren rot.

7. Giemsa-Färbung feucht. Nach Sublimatfixierung kurz abwaschen in Wasser und 5—10 Minuten in eine Lösung von Jodkali 2 g, destilliertes Wasser 100 ccm, Lugolsche Lösung 3 ccm. (Bisweilen vorsichtig umschwenken.) Unmittelbar darauf kurz abwaschen in Wasser und 10 Minuten lang in eine 0,5 % wäßrige Lösung von Natriumthiosulfat, wodurch das durch Jod gelblich gewordene Präparat vollkommen abblaßt (bisweilen umschwenken). Dann 5 Minuten in fließendes Wasser und färben mit frisch verdünnter Giemsa-Lösung (1 Tropfen auf 1 ccm destilliertes Wasser, bei längerer Färbedauer auf 2 ccm und mehr) 1—12 Stunden und länger. Dann abspülen mit Wasser, hindurchführen durch folgende Reihe: a) Aceton 95 ccm, Xylol 5 ccm, b) Aceton

70 ccm, Xylol 30 ccm, c) Aceton 50 ccm, Xylol 50 ccm, d) Xylol pur. und einbetten in Cedernöl. Die Länge des Verweilens in a, b und c richtet sich nach dem gewünschten Differenzierungsgrade.

8. Giemsa-Färbung trocken. Die lufttrockenen Ausstriche fixiert man 10 Minuten in absolutem Alkohol. Dann färbt man in verdünnter Giemsa-Lösung (1 Tropfen auf 1 ccm destilliertes Wasser, nicht mehr) 15—20 Minuten, eventuell länger. Hierauf spült man mit starkem Wasserstrahl ab, trocknet und bettet in Cedernöl ein.

9. Glykogenfärbung nach Best (s. S. 3): Man färbt 1. mit Delafieldschem Hämatoxylin (intensive Färbung wünschenswert) vor, und dann 2. 1 Stunde in frisch hergestellter Mischung von Bestschem Karmin 2 Teile (die Lösung wird kurz vor Herstellung der Mischung filtriert), Liq. ammonii caust. 3 Teile, Methylalkohol 6 Teile. Die Mischung, die nicht filtriert werden darf, ist immer frisch herzustellen. 3. Entfärben in mehrfach zu erneuernder Mischung von Methylalkohol 2 Teile, Alk. absol. 4 Teile, Aq. dest. 5 Teile. Die Entfärbung dauert 10—20 Minuten. 4. Abspülen mit 80% Alkohol. Entwässern und Einbetten. Die Kerne sind blau, das Glykogen rot.

Von großer Wichtigkeit ist es, möglichst viel von dem, was man im Mikroskop sieht, zu zeichnen. Dadurch prägen sich nicht nur die gesehenen morphologischen Verhältnisse besser dem Gedächtnis ein, sondern man lernt auch direkt schärfer beobachten. Man lege das Zeichenheft rechts vom Mikroskop und versuche das Gesehene wiederzugeben. Anfangs wird man in der Regel alles zu klein zeichnen, man gewöhne sich daher, von vornherein alles recht groß zu entwerfen. Als sehr instruktiv erweist sich dabei der Gebrauch von farbigen Stiften zum Hervorheben bestimmter Gebilde, z. B. der Kerne und Kernderivate durch rote Farbstifte.

Literatur zur allgemeinen Technik.

***Böhm** und **Oppel**, Taschenbuch der mikroskopischen Technik, 5. Aufl., München.*
— — Encyklopädie der mikroskopischen Technik, 2. Aufl., Berlin.
***Ehrlich, Krause, Mosse, Rosin** und **Weigert**.*
***Lee** und **Mayer**, Handbuch der mikroskopischen Technik, 3. Aufl., Berlin.*
***v. Prowazek**, S. (1909), Taschenbuch der mikroskopischen Technik der Protistenuntersuchung, 2. Aufl., Leipzig.*

I. Amöbina.

Allgemeines.

Als Amöben bezeichnet man eine Gruppe von Protozoen von unbestimmter, stark veränderlicher Gestalt, die sich durch sog. Pseudopodien bewegen. Die Pseudopodien sind Protoplasmafortsätze, die bald hier, bald da an der Oberfläche hervortreten und dadurch eine vollständig ungeordnete Bewegung der Zelle herbeiführen. Die Form der Pseudopodien ist in der Regel für jede Art eine ganz bestimmte: so gibt es breite, lappige, spitze etc. Pseudopodien, solche mit und ohne Entoplasma. Immerhin ist die Form keine absolut konstante, da verschiedenes Medium sie verschieden beeinflussen kann. Das Aussenden pseudopodienartiger Fortsätze kommt durch lokale Herabsetzung der Oberflächenspannung zustande (durch welche Stoffwechselvorgänge oder sonstige Einwirkung das hervorgerufen wird, ist dabei gleichgültig). Es muß rein physikalisch an einer solchen Stelle ein Plasmafortsatz hervorfließen, dessen Größe und Form einerseits von der Spannungsänderung, andererseits von der Kohäsion des übrigen Protoplasmas und der umgebenden Flüssigkeit abhängig ist.

Die Nahrungsaufnahme geschieht durch Umfließen benetzbarer, fester Nahrungskörper mittels der Pseudopodien, wobei dieselben physikalischen Komponenten mitsprechen wie bei der Bewegung.

Den Bau von Protoplasma und Kern, sowie die Fortpflanzung und Befruchtung werden wir im speziellen Abschnitt an einzelnen Beispielen kennen lernen.

Technische Bemerkungen.

Material. Reiches Material von parasitären Amöben ist nicht immer leicht zu bekommen. Die *Entamoeba buccalis* aus dem Zahnbelag des Menschen ist bei fleißigem Suchen zwar in der Regel zu finden, aber meist nur in wenigen Exemplaren, während die Darmamöben bei uns ziemlich selten sind, vor allem die Dysenterieamöben. Hat man einmal menschliche Darmamöben, dann kann man durch Verfütterung von Cysten an Katzen oder durch hohe Klysmata mit flüssigem, amöbenhaltigem Stuhl reichlicheres Material sich verschaffen. Meist muß man sich bei uns aber mit der Untersuchung der Mausamöbe, die der harmlosen menschlichen Darmamöbe, *Entamoeba coli,* nahesteht, begnügen. Sie findet sich in etwa 20 % der Mäuse, im Anfang

des Dickdarms und vor allem im Blinddarm, allerdings auch oft nur in vereinzelten Exemplaren. Da in den Faeces von Tier und Mensch sehr häufig auch Cysten von freilebenden Amöben, speziell aus der sog. *Limax*-Gruppe (Gattung *Vahlkampfia*), vorkommen, die in der gleich zu beschreibenden Weise gezüchtet werden können, so ist es notwendig, um Verwechslungen zu vermeiden, auch diese kennen zu lernen. Wir wählen zu ihrem Studium eine halbparasitische *Limax*-Form, die in der Kloake unserer Eidechsen vorkommt und fast stets aus dem Kloakeninhalt gezüchtet werden kann, ferner eine Erdamöbe, die theoretisch sehr interessant, allerdings aber selten zu finden ist. Kulturen der letzteren können direkt vom Protozoenlaboratorium des Kgl. Instituts für Infektionskrankheiten in Berlin bezogen werden.

Kulturen von Amöben kann man leicht aus Stroh-, Erd- oder Lohinfusionen, sowie aus dem ausgepreßten Kloakeninhalt von Eidechsen anlegen. Erd- oder Lohinfusionen stellt man in der Weise her, daß man etwas Gartenerde oder Lohe in einem Wasserglas mit Wasser anrührt und in den Thermostaten von 25° stellt. Am nächsten Tag findet man in der Regel in dem Häutchen an der Oberfläche kleine Amöben; man entnimmt einige Ösen davon, verrührt sie mit etwas Wasser im Reagensglas und verteilt hierauf auf Agarplatten von folgender Zusammensetzung: Agar 0,5—1, Leitungswasser 90,0, gewöhnliche alkalische Nährbouillon 10,0. Binnen wenigen (1—2) Tagen haben sich die Amöben bei 25° auf dem sich gleichzeitig entwickelnden Bakterienrasen stark vermehrt und über die ganze Platte verbreitet. Den Kloakeninhalt von Eidechsen streicht man direkt auf die Agarplatten aus.

Herstellung von frischen Präparaten. Zum Studium der Amöben ist die Untersuchung in vivo von größter Wichtigkeit. Das geschieht am besten in den natürlichen Flüssigkeiten; nur wenn absolut nötig, setze man einen Tropfen physiologischer Kochsalzlösung zu. Man entnimmt einen Tropfen des Materials mit der geglühten Platinnadel oder -öse und fertigt Deckglaspräparate (s. S. 13).

Zur Herstellung von Dauerpräparaten fertigt man dünne Deckglasausstriche, läßt sie sofort mit der bestrichenen Seite nach unten horizontal auf die etwa auf 50° erhitzte Fixierungsflüssigkeit (Sublimatalkohol und Hermannsche Flüssigkeit) fallen (nur einen Augenblick) und bringt sie dann für 10 Minuten in kalte Lösung.

Einen Teil der Präparate färbe man mit Delafields Hämatoxylin oder Boraxkarmin, die übrigen mit Eisenhämatoxylin nach Heidenhain, Safranin-Lichtgrün und Giemsa feucht.

Einige Präparate färbe man, bevor man sie durch die Alkoholstufen führt, kurze Zeit (1 Minute) mit einer Plasmafarbe nach, z. B. Eosin nach der Delafieldfärbung, Lichtgrün nach Karmin, und Bordeauxrot nach Eisenhämatoxylin. In derartigen Präparaten nehmen die Nahrungseinschlüsse, z. B. rote Blutkörperchen, schöne Kontrastfärbungen an.

Kleine Darmstücke von an Amöbendysenterie gestorbenen Menschen oder Katzen, sowie Schleimflocken aus Dysenteriestühlen fixiert man in toto in heißem Sublimatalkohol ($^1/_2$ Stunde) und fertigt davon Schnitte von 5—10 μ Dicke. Die Färbung der Schnitte geschieht wie die der Ausstriche.

Spezieller Kurs.

Amoeba (Vahlkampfia) lacertae (Hartmann).

Als Typus der freilebenden resp. halbparasitischen *Limax*-Amöben, die neuerdings als Gattung *Vahlkampfia* abgeteilt wird, untersuchen wir *Amoeba lacertae*, die, wenn auch meist nur in geringer Anzahl, in der Kloake unserer Eidechsen lebt, die aber in der oben (S. 17) angegebenen Weise auf Agar gezüchtet werden kann.

Man entnimmt mit der Öse etwas Material von der Agarplatte und untersucht zunächst, unter Zusatz eines Tropfens gewöhnlichen Wassers, im Leben. Nachdem man sich bei schwacher oder mittlerer Vergrößerung vom reichlichen Vorhandensein der Amöben überzeugt

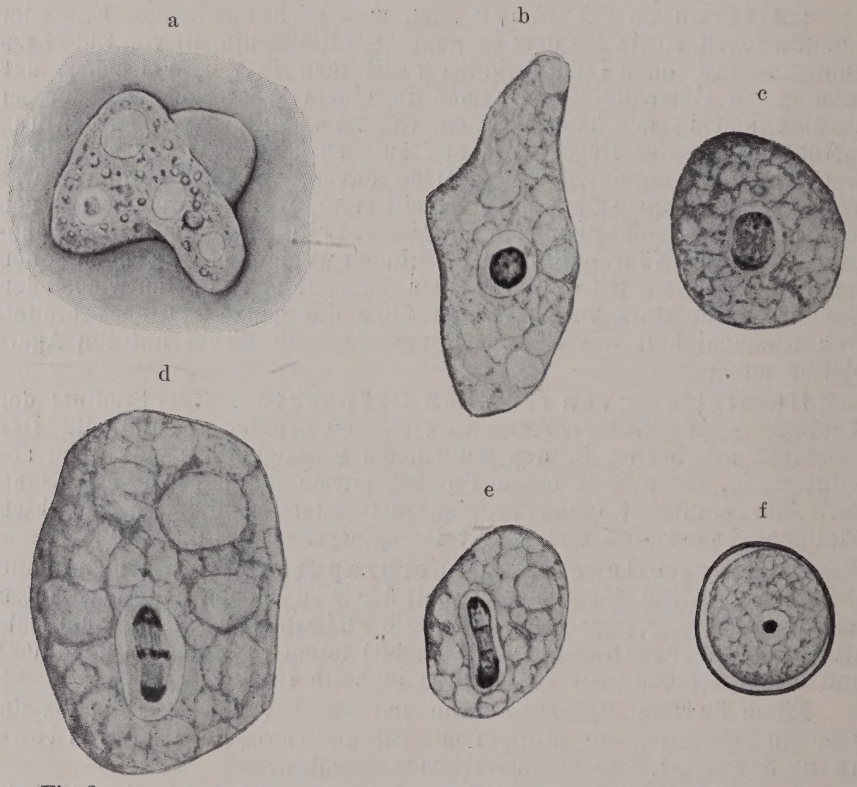


Fig. 2. **Amoeba (Vahlkampfia) lacertae** Hartm. a vegetative Form nach dem Leben, b desgleichen fixiert und gefärbt, c—e 3 Stadien der Kernteilung, f Cyste. Vergr. ca. 2500:1. a u. e nach Nägler etwas verändert, b, c u. f Originale.

hat, fertige man in der oben (S. 17) angegebenen Weise Ausstrichpräparate. Bei Betrachtung mit Ölimmersion erkennt man im Leben wie im gefärbten Präparat an den kleinen Amöben (ca. 10 μ) ein ziemlich grobwabiges Entoplasma und ein homogenes Ektoplasma (Fig. 2a). Die Bewegung geschieht wie bei allen Amöben der *Limax*-Gruppe meist mittels eines einzigen Pseudopodiums von homogenem Ektoplasma, doch wird auch öfters ein neues Pseudopodium seitlich ausgestreckt (Fig. 2a).

Betrachtet man eine Amöbe während der Bewegung genauer, so kann man sehen, wie in der Mitte ein breiter Plasmastrom sowohl von Ento- wie Ektoplasma in der Bewegungsrichtung vorfließt, wobei ständig das dünnflüssige Entoplasma sich in zähflüssigeres Ektoplasma umwandelt. Am Vorderrande des Pseudopodiums angelangt, zerteilt sich die Strömung und läuft in seitlichen Randströmungen langsamer zurück. Die rückläufigen Randströme sind schwer sichtbar und gelangen nur zur Beobachtung, wenn zufällig Fremdkörnchen (z. B. Karmin) dem Ektoplasma ankleben. Man füge nun dem Präparat ein Tröpfchen einer stark verdünnten (Spuren) Säurelösung, z. B. Karbolsäure, zu; dann erscheint die Pseudopodienbildung lebhafter (viele, allseitig auftretende, leichtflüssigere Pseudopodien). Nach Zufügen von Kalilauge (Spuren) werden umgekehrt zähflüssigere, spitzere Pseudopodien gebildet. Diese Versuche zeigen die Abhängigkeit der Pseudopodienbildung vom Außenmedium.

Die Nahrung der *Limax*-Amöben besteht in Bakterien; bei genügender Beobachtung kann man die Aufnahme derselben durch Umfließen mittels Pseudopodien, sowie den Einschluß in Nahrungsvakuolen beobachten. Wir setzen nun dem Präparat einen Tropfen sehr stark verdünnter (1 : 10000) Neutralrotlösung zu. Der Inhalt der Nahrungsvakuole nimmt darauf eine lebhaft rote Farbe an, ein Beweis, daß in die Vakuole von der Amöbe eine Säure (Mineralsäure) ausgeschieden wurde.

Im Entoplasma beobachtet man 1—3 kontraktile Vakuolen, von denen eine meist größer ist und manchmal nur allein auftritt.

Auch der Kern ist im Leben deutlich zu sehen und stellt sich als einfacher Karyosomkern dar, von einer Kernsaftzone umgeben, die durch eine sehr zarte Kernmembran vom Plasma abgegrenzt ist und nur wenig Chromatin enthält (Fig. 2a und b).

Durch diesen Kernbau ist diese Amöbe, wie alle Amöben vom *Limax*-Typus, sofort von den echten parasitischen Formen zu unterscheiden.

Im gefärbten Präparat erkennt man bei guter Differenzierung, daß das Karyosom aus einer achromatischen Grundlage (Plastin) mit besonders an der Peripherie eingelagerten Chromatinkörnern besteht und daß in dessen Mitte oft ziemlich deutlich das Centriol zu sehen ist (Fig. 2b).

Die Vermehrung geschieht durch einfache Zweiteilung, wobei sich der Kern durch eine primitive Mitose (Promitose) teilt, die sich ganz am Karyosom abspielt. Dabei teilt sich zunächst das Centriol hantelförmig (Fig. 2c); dann bildet sich eine plumpe Spindel mit stark chromatischen Polkappen, die die Centriole umgeben, und eine feine Äquatorialplatte (Fig. 2d). Die Centriole sind noch durch eine Verbindungsfibrille verbunden (Centrodesmose). Diese Verhältnisse können gelegentlich im Leben mit der gleichen Deutlichkeit beobachtet werden. Hierauf spaltet sich die Äquatorialplatte in 2 Tochterplatten, der Kern streckt sich in die Länge und teilt sich durch (Fig. 2e). Auf den Präparaten wird man bei etwas Suchen stets auf das eine oder andere Kernteilungsstadium stoßen.

Nach etwa 24—48 Stunden encystieren sich sämtliche Amöben auf der Agarplatte. Die Cysten sind kleiner als die vegetativen Formen, kugelig und von einer doppelten Hülle umgeben. Wenn sie auf einen frischen Nährboden überimpft werden, platzen sie, und es entwickeln sich wieder vegetative Amöben.

Amoeba diploidea (Hartmann et Nägler).

Diese Amöbe ist deshalb von besonderem Interesse, weil sich an ihr die Befruchtungserscheinungen in einer Weise studieren lassen, wie bei keinem anderen Protozoon. Ferner dient sie zur Erläuterung dafür, wie leicht freilebende Amöben mit parasitären verwechselt werden können, da sie aus dem Darminhalt einer Eidechse gezüchtet wurde, obwohl es sich zweifellos um eine Erdamöbe handelt. Die Untersuchung geschieht in derselben Weise wie bei der vorigen Art.

Als Erdamöbe ist sie mit einer derben Oberflächenhaut, einer Pellicula, ausgestattet, die bei den Bewegungen vielfach gefältelt

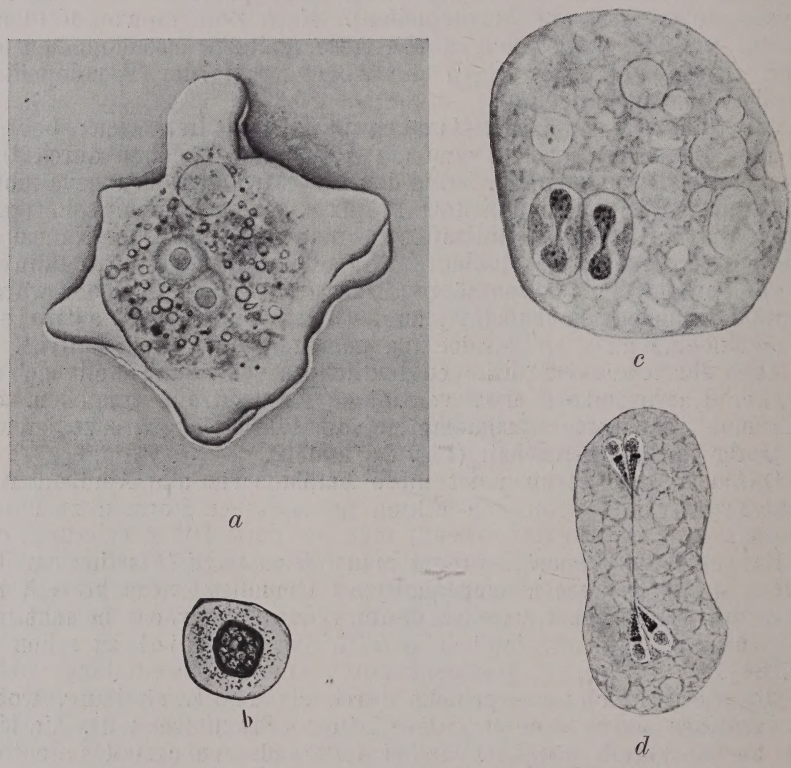


Fig. 3. **Amoeba diploidea** Hartm. et Nägler. a vegetatives Individuum nach dem Leben, b Kern mit Centriol im Karyosom, c Kernteilung, d Ende der Kernteilung und Beginn der Zellteilung. Vergr. bei a, c und d ca. 1900 : 1, bei b ca. 2500 : 1.

wird. Dadurch kann sie sofort im Leben von den Dysenterieamöben unterschieden werden, mit denen sie sonst in der Differenzierung von Ekto- und Entoplasma, sowie in der Größe (15—30 μ) ziemlich übereinstimmt (Fig. 3a). Dazu kommt noch, daß sie stets 2 Kerne aufweist, die gegeneinander abgeplattet sind, was sowohl im Leben wie im gefärbten Präparat deutlich zu beobachten ist (Fig. 3a und c). Die beiden Kerne sind die Abkömmlinge der bei der Kopulation unverschmolzen gebliebenen Gametenkerne. Sie weisen eine Kernmembran, ein großes Karyosom mit Centriol und einen wohlentwickelten Außenkern auf, der auf feinem Liningerüst kleine Chromatinkörnchen enthält (Fig. 3b).

Die Vermehrung geschieht durch Zweiteilung, wobei sich die beiden Kerne gleichzeitig teilen (Fig. 3c und d). Die Karyosome nehmen bei der Kernteilung Hantelform an, während das Chromatin des Außenkernes darum einen äquatorialen Ring bildet (Fig. 3c). Auf weiteren Stadien vereinigt sich letzteres mit dem der Karyosomhantel, und erst in den letzten Stadien tritt wieder eine Sonderung der beiden Kernteile ein (Fig. 3d).

Nach etwa 2—3 Wochen tritt bei Zimmertemperatur (16°) in den Kulturen die Kopulation ein. Es legen sich 2 Amöben aneinander und encystieren sich gemeinsam, nachdem sie alle Nahrungspartikel eliminiert und sich dadurch sowie durch Flüssigkeitsabgabe bedeutend verkleinert haben (Fig. 4a). Die beiden Kerne jedes Kopulanten

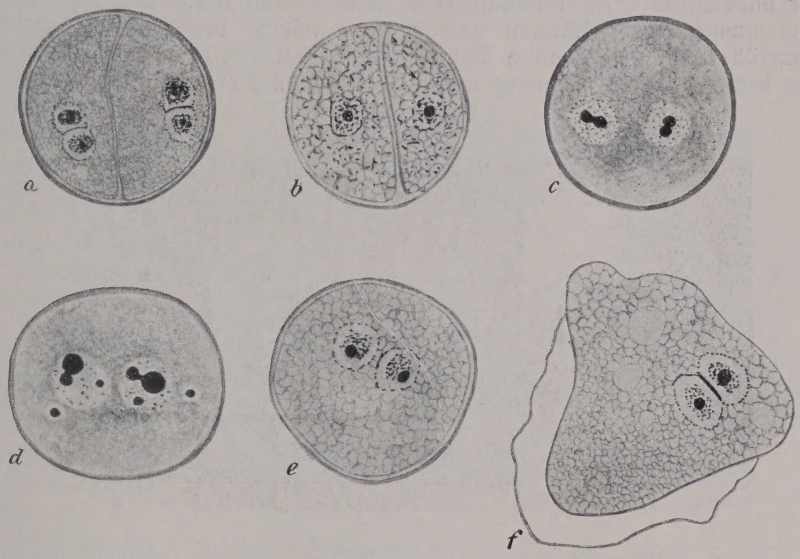


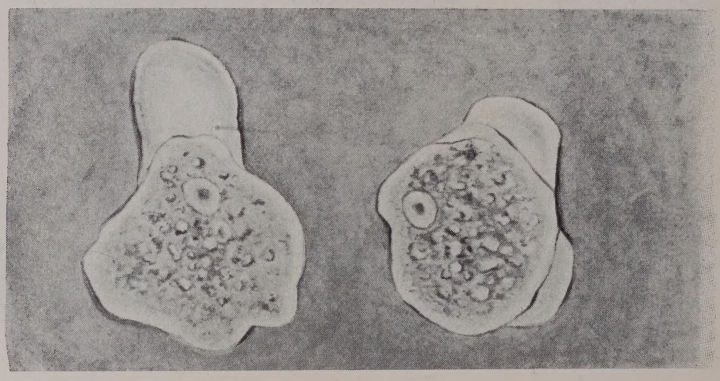
Fig. 4. **Amoeba diploidea** Hartm. et Nägler. Befruchtung. a Cyste mit 2 Amöben (Kopulanten, Gameten), b Karyogamie in beiden Kopulanten, c Cyste nach der Plasmaverschmelzung der Kopulanten mit 1. Reduktionsteilung der Synkarien, d 2. Reduktionsteilung, e Annäherung der Gametenkerne, f Ausschlüpfen einer Amöbe aus der Kopulationscyste. Vergr. ca. 2500 : 1.

lockern sich dann auf, geben einen großen Teil des Außenchromatins in Form von vegetativen Chromidien an das Plasma ab und verschmelzen miteinander, wobei sich auch die Karyosome vereinigen (Fig. 4b). Gleichzeitig kann auch schon die Protoplasmavereinigung der Kopulanten einsetzen. Erst jetzt, wenn ein neuer Befruchtungsvorgang schon eingeleitet ist, findet also der letzte Akt der vorausgegangenen Befruchtung, die Karyogamie, statt. Ihr folgen auf dem Fuße 2 heteropole Karyosomteilungen der Synkarien, die als Reduktionsteilungen zu deuten sind (Fig. 4c und d). Der 1. Reduktionskern kann sich ebenfalls nochmals teilen (Fig. 4d), wodurch je 3 kleine Reduktionskerne entstehen, die allmählich resorbiert werden. Die jetzt reifen, von 2 verschiedenen Amöben stammenden Gametenkerne rücken in dem nun einheitlichen Plasma der Cyste aufeinander zu, kopulieren aber nicht, sondern legen sich nur dicht aneinander (Fig. 4e und f).

Bringt man die Kopulationscysten auf einen neuen Nährboden, so platzt die Hülle und es kriecht eine Amöbe mit 2 Kernen, den unverschmolzenen Gametenkernen, aus (Fig. 4f), die sich nun in der oben geschilderten Weise durch Zweiteilung vermehrt.

Entamoeba buccalis (v. Prowazek).

Fast jeder Mensch beherbergt in der Mundhöhle diese Amöbe, wo sie im Zahnbelag, besonders in kariösen Zähnen lebt. Allerdings bedarf es manchmal der Durchmusterung vieler Präparate, ehe man sie findet, und es wechselt die Häufigkeit ihres Auftretens bei einem und demselben Menschen oft ungemein. Man nehme zur Untersuchung mit der ausgeglühten Platinnadel etwas Zahnschleim unter dem Zahnfleisch oder aus kariösen Zähnen und prüfe zunächst in vivo bei mittlerer Vergrößerung. Die Amöbe läßt sich leicht an den Bewegungen mittelst der breiten, bruchsackartig hervorbrechenden Pseudopodien erkennen.



a *b*

Fig. 5. **Entamoeba buccalis** (v. Prowazek). Dasselbe Individium nach dem Leben in zwei aufeinanderfolgenden Bewegungsstadien. Vergr. 1300 : 1. Original.

Auch im Ruhezustande ist sie durch ihre Größe (6—30 μ) und vor allem durch die starke Lichtbrechung von Leukocyten, mit denen sie allein verwechselt werden könnte, leicht zu unterscheiden. Sind Amöben vorhanden, so fertige man dünne Ausstriche (Fixierung und Färbung s. S. 13 und 17).

Man untersuche nun die frischen Präparate zunächst noch mit Ölimmersion. Man erkennt deutlich ein mehr oder minder ausgebildetes, helles stark lichtbrechendes Ektoplasma, das auch in der Ruhe scharf vom Entoplasma gesondert ist (Fig. 5). Es erscheint im Leben völlig homogen. Häufig kann man am Ektoplasma, besonders wenn es starke Pseudopodien bildet, noch eine schmale helle Zone an der Peripherie unterscheiden. In gefärbten Präparaten ist meist ein alveolärer Bau des Ektoplasmas zu beobachten, der aber wohl auf Fällung beim Fixieren zurückzuführen ist (Fig. 6).

Das Entoplasma ist mit einer großen Menge von Nahrungselementen (Leukocyten) erfüllt (Fig. 6, unten rechts), wodurch die wabige Struktur im Leben schwer zu erkennen ist. Eine kontraktile Vakuole fehlt.

Die Bewegung der Amöbe ist sehr mannigfach; häufig fließt sie mit einem einzigen großen Pseudopodium nach einer Richtung, dann entstehen plötzlich an einer anderen Stelle bruchsackartige Ektoplasmavorwölbungen, in die das übrige Plasma nachströmt. In der obenstehenden Fig. 5a und b sind zwei kurz aufeinanderfolgende Stadien der Bewegung von demselben Individuum wiedergegeben. Die Nahrung der Amöbe besteht in den verschiedenartigsten Bakterien der Mundhöhle, hauptsächlich aber in Leukocyten und Leukocytenresten. Die Nahrungsaufnahme geschieht durch Umfließen der Nahrungselemente durch die Pseudopodien, die Verdauung im Innern des Entoplasmas in Nahrungsvakuolen (Fig. 6). Die unverdauten Nahrungselemente (Kernsubstanzen der Leukocyten) werden ausgestoßen, was meist ganz plötzlich geschieht.

Der Kern ist bläschenförmig und besitzt wie bei der später zu besprechenden *Entamoeba coli* eine deutliche Kernmembran. Die Erkennung des Kerns im Leben hängt von dem mehr oder minder reichlichen Nahrungsinhalt der Amöben ab. Chromatin findet sich im Kern viel weniger reichlich als bei der *Entamoeba coli*. Es ist teils an der Membran, teils befindet es sich im Zentrum in einem kleinen Karyosom. Zwischen letzterem und der Membran ist ein feines Lininwabenwerk ausgespannt (Fig. 6). An dem verhältnismäßig kleinen kugeligen Kern mit deutlichem Karyosom im Zentrum ist die Amöbe leicht von Leukocyten im gefärbten Präparat zu unterscheiden.

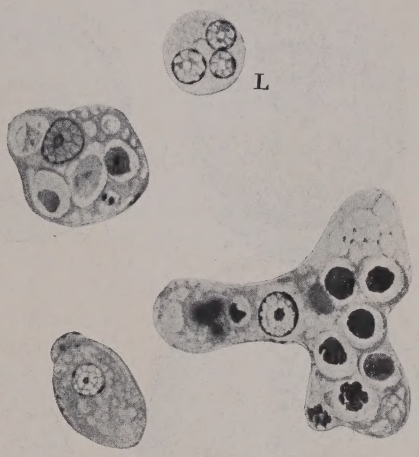


Fig. 6. **Entamoeba buccalis** (v. Prowazek). Gruppe von 3 Individuen und einem Leukocyten (*L*). Nach fixiertem und gefärbtem Präparat. Vergr. 1300 : 1. Original.

Die Vermehrung erfolgt durch eine Zweiteilung, die sehr selten zu beobachten ist, da sie ungemein rasch vor sich geht. Unter reichem Material kann man manchmal Bilder der Kernteilung in gefärbten Präparaten zu Gesicht bekommen. Das Karyosom teilt sich dabei durch eine Mitose, während der Außenkern sich einfach durchschnürt.

Auch eine Chromidienbildung, ein Übertreten chromatischer Substanz aus dem Kern ins Protoplasma, kommt vor, die so weit gehen kann, daß der Kern völlig verschwindet. Das weitere Schicksal dieser Chromidialtiere ist noch nicht bekannt, vermutlich sind es nur Degenerationsformen.

Entamoeba coli (Lösch em. Schaudinn).

Die Amöbe findet sich im Darm gesunder Menschen, je nach der Gegend in sehr verschiedener Häufigkeit (z. B. in Berlin bei höchstens 2%). Sie kommt im vegetativen Zustande normalerweise nur im oberen und mittleren alkalisch reagierenden Abschnitt des Colon vor, kann aber durch Darreichung von Abführmitteln (Karlsbader Salz) zutage gebracht werden.

Zur Herstellung von Präparaten entnehme man eine Öse von den schleimigen Massen des Stuhles und verdünne eventuell mit physiologischer Kochsalzlösung. Das Material soll spätestens 1—2 Stunden nach Entleerung des Stuhles untersucht werden, und zwar am besten auf heizbarem Objekttisch, da sonst die Amöben sich kaum bewegen und rascher absterben. Im übrigen gelten die S. 13 und 17 angegebenen Vorschriften zur Herstellung von Präparaten. Enthält der Stuhl Amöben, so kann man sie, wie die *Entamoeba buccalis,* schon bei schwächerer Vergrößerung an denselben Eigenschaften erkennen, nämlich an der Bewegung (bei geheiztem Objekttisch von 37 °), Größe (8—70 μ) und starken Lichtbrechung.

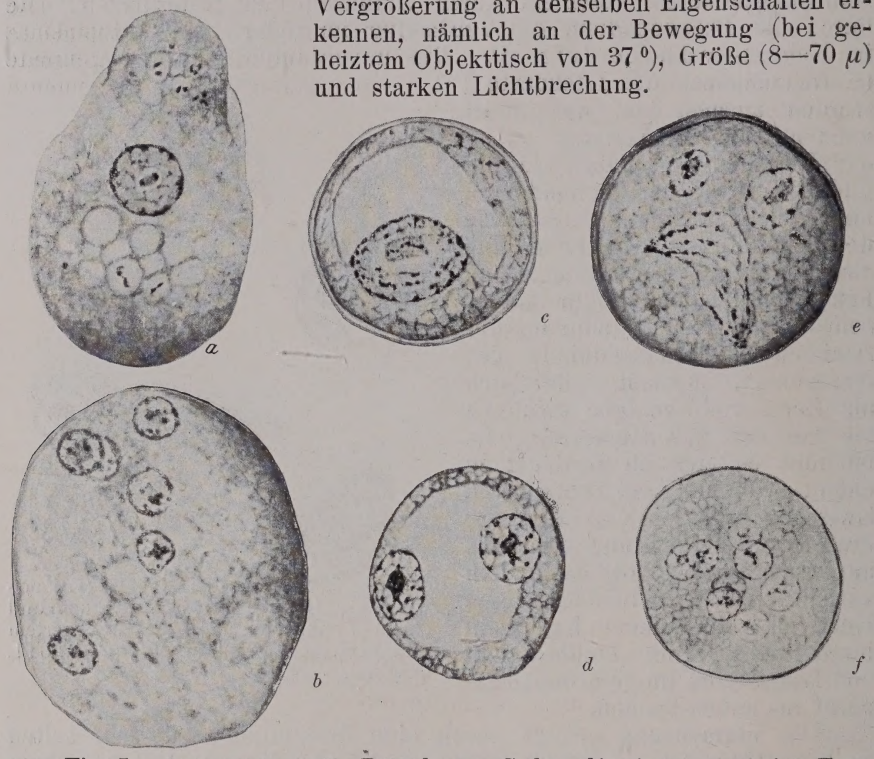


Fig. 7. **Entamoeba coli** (Lösch em. Schaudinn). a vegatative Form, b sechskernige vegetative Form (Schizogonie), c einkernige, d zweikernige Cyste mit Vakuole, e Cyste mit 2 Ruhekernen und 1 Kern in Mitose, f fertige Cyste mit 8 Kernen. Nach fixiertem und gefärbtem Präparat. Vergr. 1300 : 1. Original.

Von der *Entamoeba buccalis* und in gleicher Weise von den Dysenterieabmöben unterscheidet sich diese Form dadurch, daß in der Ruhe eine Sonderung in Ekto- und Entoplasma nicht vorhanden ist (Fig. 7 a). Dieselbe tritt nur bei der Bewegung zutage, doch ist das ektoplasmatische Pseudopodium auch dann immer noch schwächer lichtbrechend, als bei den zwei anderen Formen und macht auch einen leichtflüssigeren Eindruck.

Der Kern hat, wie bei der *buccalis,* eine derbe Membran, zeichnet sich aber durch größeren Chromatingehalt aus (Fig. 7 a); im Leben ist er in der Regel gut zu sehen. Der feinere Bau ist sehr mannigfach und weist meistens ein mittelgroßes Karyosom auf, aus dem das Chromatin allmählich heraustritt und sich nach und nach in größeren Brocken an der Kernmembran ansammelt (Fig. 7).

Der ganze Entwicklungszyklus ist sehr kompliziert und ohne ausgedehnte Studien nicht im Zusammenhang zu verfolgen. Bei der folgenden kurzen Besprechung derselben ist auf die Stadien, die häufiger zur Beobachtung gelangen, besonders hingewiesen.

Die Vermehrung der vegetativen Formen ist eine zweifache, einmal eine einfache Zweiteilung mit einer Karyosommitose, dann eine Zerfallteilung oder Schizogonie in meist 8 Teilstücke, nachdem die Kernteilung sich mehrmals wiederholt hatte. Beide können nebeneinander vorkommen, doch ist die letztere seltener.

Bei der Eindickung der Faeces sterben die meisten Amöben ab, nur ein Teil ist imstande, Cysten zu bilden. Innerhalb der Cyste findet eine Kernvermehrung statt, in der Regel bis auf 8 Kerne. Die Zelle rundet sich zunächst ab, entledigt sich aller Fremdkörper, worauf im Leben die einzelnen Strukturen (Kern etc.) ungemein deutlich zutage treten, und umgibt sich vorerst mit einer Schleimhülle. Hierauf teilt sich der Kern durch eine Mitose in zwei Tochterkerne, die auseinanderrücken. Dazwischen entsteht eine große Lücke (Vakuole), so daß fast zwei vollständig geteilte Zellen vorliegen (Fig. 7 b). Die Vakuole kann aber auch schon auf dem einkernigen Stadium auftreten. Die Kerne geben hierauf einen großen Teil ihrer chromatischen Substanz in Form von Chromidien an das Protoplasma ab, so daß meist nur ein kleines Karyosom übrig bleibt. Die Chromidien stellen somatische Chromidien und vermehren sich häufig noch im Plasma; sie verklumpen und werden dann entweder ausgestoßen oder innerhalb der Cyste resorbiert. Manchmal verschmelzen sie zu einigen größeren Brocken (Chromidialkörper), die wahrscheinlich eine Reservesubstanz von unbekannter Natur darstellen. Nun verschwindet die Lücke im Protoplasma und jeder der beiden Kerne teilt sich wiederum mitotisch.

Dieser Vorgang wiederholt sich, bis acht Kerne gebildet sind. Ausnahmsweise kann bei besonders großen Cysten noch ein weiterer Kernteilungsschritt erfolgen, wodurch dann sechszehnkernige Cysten entstehen. Die achtkernigen Cysten, die sich im abgesetzten Stuhl befinden, sind für unsere Art charakteristisch und kommen bei keinem anderen menschlichen Darmparasiten vor. Sie dienen der Neuinfektion; man kann sowohl Menschen als auch Katzen damit per os infizieren. Im Anfangsteil des Dickdarmes eines neuen Wirtes platzt die Cyste und der Cysteninhalt zerfällt in acht junge Amöben. Wahrscheinlich findet zwischen je zwei kleinen derartigen Amöben eine Kopulation statt (Merogamie), wie das für die *Entamoeba blattae* nachgewiesen ist.

Entamoeba muris (Grassi).

Wenn man keine menschlichen Darmamöben zur Verfügung hat, so kann man als Ersatz die im Anfang des Dickdarmes und im Blinddarm der Maus sich häufiger findende *Entamoeba muris* untersuchen. Sind im Kot einer Maus die charakteristischen achtkernigen Cysten vorhanden, so töte man sie und mache aus dem Inhalt des Blind- und Dickdarmes Präparate zur Lebenduntersuchung und Dauerpräparate.

Von der *Entamoeba coli* unterscheidet sich diese Form nur durch ihre geringere Größe (höchstens 15—20 μ) und den Kern, der weniger Außenchromatin neben dem gut ausgebildeten Karyosom enthält (Fig. 8 a

und b). Die vegetative Vermehrung vollzieht sich ferner nur durch Zweiteilung, nie wie dort durch Schizogonie.

Der übrige Entwicklungskreis stimmt mit ganz geringen Abweichungen vollständig mit dem von *Entamoeba coli* überein, so daß die oben gegebene Schilderung auch hierfür stimmt (Fig. 8c und d).

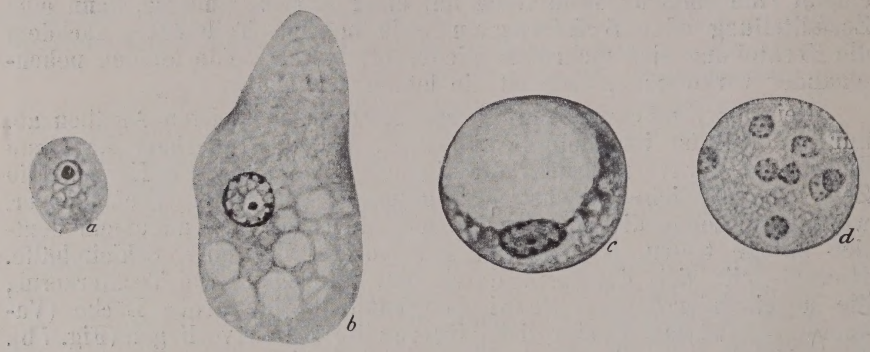


Fig. 8. **Entamoeba muris** (Grassi). Nach fixiertem und gefärbtem Präparat. a junge vegetative Form nach Ausschlüpfen aus der Cyste, b große vegetative Form, c einkernige Cyste vor der 1. Kernteilung, d achtkernige Cyste. Vergr. ca. 1900:1. Original.

Entamoeba histolytica (Schaudinn em. Hartmann).

Fälle von sog. Tropen- oder Amöbendysenterie wird man bei uns nur selten zu untersuchen Gelegenheit haben. Die Amöben findet man in den glasartigen Schleimflocken der Entleerungen der Kranken.

Ihre Größe beträgt 8—60 μ. Im Leben sind sie von der harmlosen *Entamoeba coli* dadurch leicht zu unterscheiden, daß der Körper auch in der Ruhe eine deutliche Sonderung in Ekto- und Entoplasma aufweist (wie die *Entamoeba buccalis*).

Das sehr stark lichtbrechende hyaline Ektoplasma ist zähflüssig-glasig und bildet allein die Pseudopodien. Die Bewegung ist dieselbe, wie sie S. 23 für *Entamoeba buccalis* beschrieben wurde (Fig. 9). Das

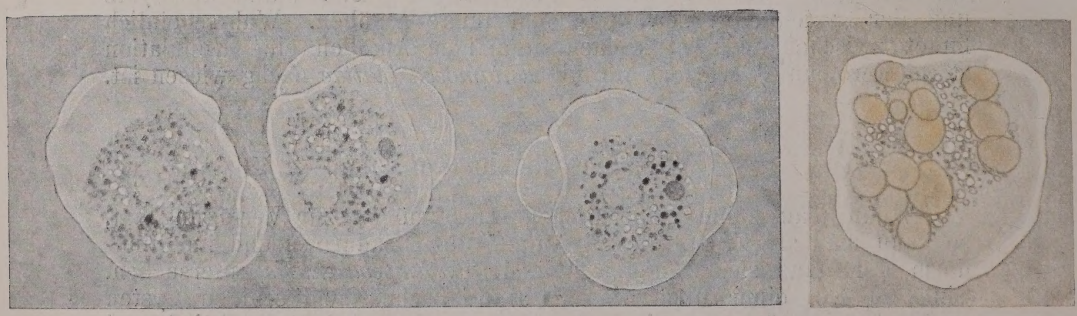


Fig. 9. **Entamoeba histolytica** (Schaudinn em. Hartmann). a Individuum nach dem Leben in drei aufeinanderfolgenden Stadien der Bewegung; b Individuum nach dem Leben mit gefressenen roten Blutkörperchen. Original. Vergr. ca. 950:1.

Entoplasma ist mit Körnchen, Flüssigkeits- und Nahrungsvakuolen reichlich angefüllt. Die Nahrung besteht vorwiegend aus roten Blutkörperchen und anderen Körperzellen. Eine kontraktile Vakuole fehlt.

Der Kern tritt schon im Leben deutlich hervor, falls nicht allzuviele Nahrungselemente im Entoplasma vorhanden sind. Es ist stets kugelig und durch eine derbe, doppelt konturierte Membran gegen das Plasma abgegrenzt. Der Außenkern ist gut entwickelt und enthält reichlich Chromatin, das in mannigfaltiger Weise in Form von Brocken oder Körnern angeordnet ist. Im Zentrum findet sich ein größeres oder kleineres Karyosom, in dem man bei geeigneter Differenzierung ein Centriol wahrnimmt (Fig. 10b). Um das Karyosom findet sich stets eine helle Zone, die häufig durch eine Körnchenzone (ursprüngliche Karyosomgrenze) gegen den Außenkern abgegrenzt ist. Manchmal sind zwei derartige Zonen ineinander geschachtelt (Fig. 10c). Sie

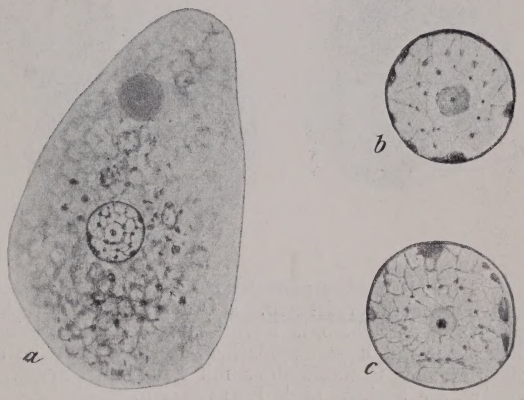


Fig. 10. **Entamoeba histolytica** (Schaudinn em. Hartmann). a vegetative Form, in der Mitte der Kern, oben ein gefressenes rotes Blutkörperchen, b und c zwei Kerne, das Centriol im Karyosom und die zyklischen Umsätze am Karyosom zeigend. Nach fixiertem und gefärbtem Präparat. Vergr. a ca. 1300:1, b und c ca. 2600:1. Nach Hartmann.

sind der morphologische Ausdruck der zyklischen Umsätze am Karyosom und in ihrer Deutlichkeit sehr charakteristisch für *Entamoeba histolytica*. Sie kommen auch bei den anderen Entamöben vor, aber nicht so klar.

Die Vermehrung geschieht nur durch Zweiteilung, wobei sich der Kern primitiv mitotisch teilt, was allerdings selten zu beobachten ist.

In vielen Fällen von Amöbendysenterie trifft man in den Entleerungen neben normalen Formen manchmal auch ausschließlich abnorme Stadien, die zu mancherlei irrtümlichen Deutungen geführt hatten. In der Regel sind diese Formen kleiner (infolge rascher Teilungen), die Kernmembran ist meist dünn und verflüssigt und im Plasma treten viele Chromidien auf (Fig. 11a, b). Auch die Differenzierung des Ektoplasmas kann verloren gehen. Ein Teil von diesen Formen kann sich normal zu Cysten entwickeln. Viele von ihnen degenerieren jedoch, sei es, daß der Kern hypertrophisch wird und zerfällt, nachdem das Chromatin sich in großen Brocken an der Peripherie angesammelt hat (Fig. 11d, e), sei es, daß er pyknotisch wird (Fig. 11c). Bei anderen wieder wird der Kern durch Chromidienbildung ganz aufgelöst (Fig. 11f). Solche degenerierende Chromidialtiere wölben oft an ihrer Oberfläche Knospen hervor, die hyalin werden und sich abschnüren (Fig. 11f). Sie wurden früher für Cysten gehalten. Diese anormalen Degenerationsformen wurden früher allein als *E. histolytica* und ihre Entwicklungsstadien gehalten, während die normalen vegetativen und Entwicklungsstadien als zweite Art, *E. tetragena*, bezeichnet wurden.

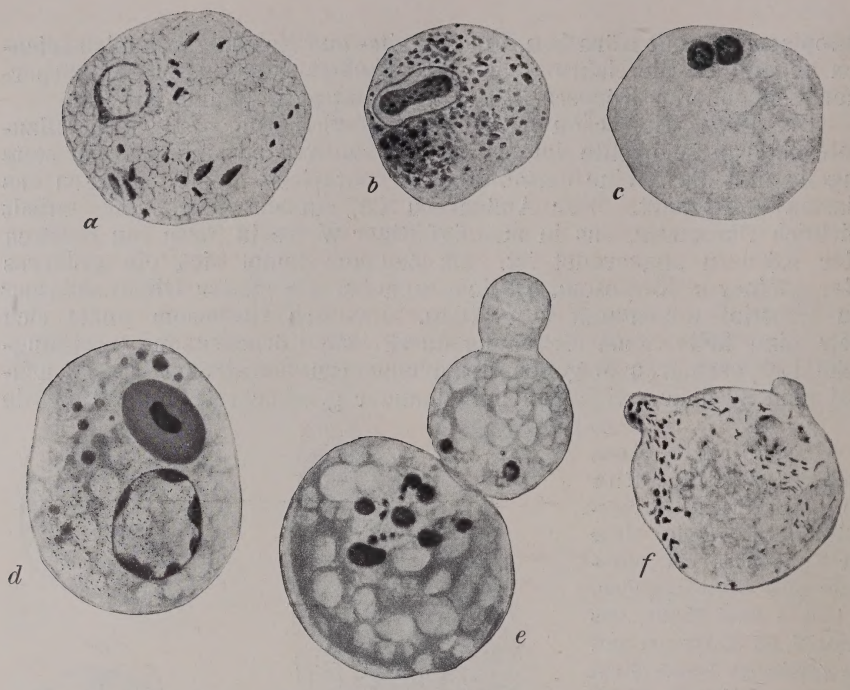


Fig. 11. **Entamoeba histolytica** Schaudinn em. Hartmann. Chromidial- und Degenerationsformen. a Chromidialtier mit Beginn der Kernteilung (Centriol geteilt), b dasselbe mit Kernteilung, c Degenerationsform mit pyknotischem Kern, d dasselbe mit hypertrophischem Kern, e dasselbe nach Kernzerfall, f kernloses, degenerierendes Chromidialtier mit Knospen. Vergr. ca. 1900:1. d u. e nach Ornstein, die übrigen nach Hartmann.

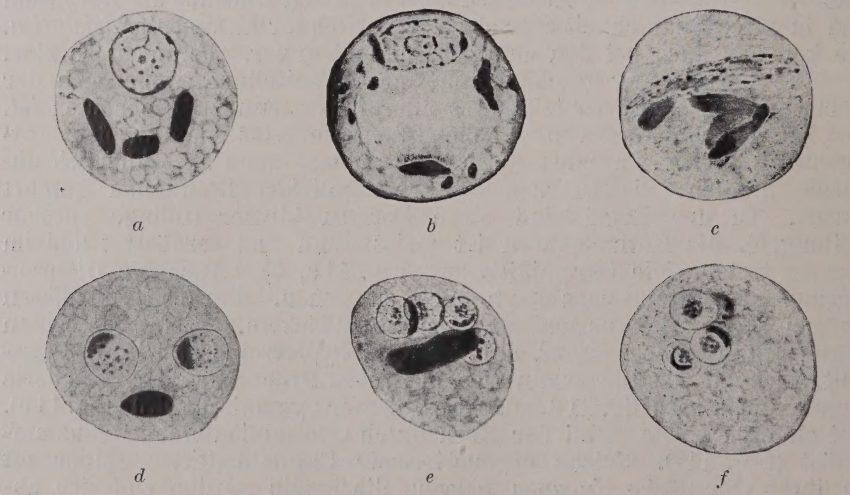


Fig. 12. Cystenbildung von **Entamoeba histolytica** Schaudinn em. Hartmann. a einkernige Cyste mit 3 Chromidialkörpern, b einkernige Cyste mit großer Flüssigkeitsvakuole und vielen Chromidialbrocken, c Mitose, d zweikernige Cyste direkt nach der Mitose, e vierkernige Cyste mit Chromidialkörper, f desgleichen ohne Chromidialkörper. Vergr. ca. 1900. Nach Hartmann.

Die richtigen Cysten gehen aus den kleinen kernhaltigen Chromidialtieren hervor. Die Chromidien, die nicht nur aus dem Kern stammen, sondern auch im Plasma sich reichlich vermehrt haben, verschmelzen in den Cysten zu einem oder mehreren großen, wurstförmigen Körpern, Chromidialkörpern (Reservestoffe), die später resorbiert werden (Fig. 12 a—e). Nun erfolgt die Bildung der Cystenhülle, und in der Cystenhülle finden 2 Kernteilungen statt, so daß wir zunächst einen, später 2, dann 4 Kerne (Fig. 12 d—f) finden. Die Ausbildung einer großen Vakuole in der Cyste ist bei dieser Amöbe seltener anzutreffen als bei *Entamoeba coli*. Durch die Vierzahl der Kerne und die geringere Größe unterscheiden sich die fertigen Cysten von den achtkernigen *coli*-Cysten.

Literatur über Amöben.

Hartmann, M. *(1913), Morphologie und Systematik der Amöben. In: Kolle-Wassermann, Handb. d. pathog. Mikroorganismen, 2. Aufl., Bd. 7, Jena. Hier weitere Literatur.*

Nägler, K. *(1909), Entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen über Amöben. In: Arch. Protistenk., Bd. 15.*

v. Prowazek, S. *(1904), Entamoeba buccalis n. sp. In: Arb. Kaiserl. Gesundheitsamt, Bd. 21.*

Wenyon *(1907), Observation on the Protozoa in the intestine of mice. In: Arch. Protistenk., Suppl.-Bd. 1.*

II. Myxosporidia.

Allgemeines.

Die Myxosporidien sind in der Regel große, vielkernige, amöbenartige Protozoen, die im Innern von Körperhöhlen (Gallen- und Harnblase) oder intercellulär im Körpergewebe bei Fischen schmarotzen. Die vegetativen Formen haben vielfach eine scharfe Sonderung in Ektoplasma und Entoplasma und die Bewohner der Körperhöhlen unter ihnen zeigen meist auch eine amöboide Bewegung. Die Nahrungsaufnahme geschieht auf osmotischem Wege. Die Autoinfektion scheint meist durch eine Zerschnürung der vielkernigen jugendlichen Plasmamassen zustande zu kommen, ist jedoch bei den meisten Arten noch nicht aufgeklärt.

Am charakteristischsten für die Myxosporidien ist die Sporenbildung, die am Ende der Infektion endogen im Plasma der Mutterzelle sich vollzieht und gleichzeitig mit einer pädogamen oder autogamen Befruchtung verbunden ist. Es werden dabei stets Sporocysten mit 2 Sporen gebildet, welche zweischalig sind und 2 oder 4 sog. Polkapseln enthalten. In letzteren ist handschuhfingerartig ein langer hohler Faden eingestülpt, der im Darm des zu infizierenden Wirtes ausgeschnellt wird. Die genaueren Vorgänge bei der Bildung dieser

merkwürdigen Cnidosporen werden wir im speziellen Teil kennen lernen.

Die Myxosporidien spielen wirtschaftlich als Erreger von verheerenden Fischseuchen eine große Rolle.

Technische Bemerkungen.

Zum Studium der Myxosporidien wählen wir *Sphaeromyxa sabrazesi*, eine Art, die fast stets in der Gallenblase des Seepferdchens, *Hippocampus guttulatus*, angetroffen wird. Bei dieser Form lassen sich vor allem die bei der Sporenbildung sich abspielenden Vorgänge leicht und übersichtlich beobachten.

Zur Herstellung von Präparaten entnimmt man die Gallenblase, öffnet sie vorsichtig auf einem Objektträger und macht von dem Inhalt teils Ausstrichpräparate, die man in Sublimat-Alkohl fixiert, teils fertigt man frische Präparate zur Lebendbeobachtung. Das Ausstreichen vollführt man hierbei am besten mit einem feinen Pinsel, um die sehr flachen und oft vielfach gefältelten Myxosporidien zur Ausbreitung zu bringen. Zur Färbung empfiehlt sich wegen der Dicke der Objekte Delafields Hämatoxylin am meisten, doch ist auch Heidenhains Eisenhämatoxylin anwendbar.

Spezieller Kurs.

Sphaeromyxa sabrazesi (Laveran et Mesnil).

Das 1—5 mm große Myxosporid hat die Gestalt einer flachen, annähernd kreisförmigen Scheibe, die höchstens 25—40 μ dick ist. Die Farbe ist weißlich, wodurch sich die Parasiten von der grünen Gallenflüssigkeit deutlich abheben und schon durch die Wand der intakten Gallenblase zu erkennen sind. Der Rand ist eingebuchtet, doch bewegen sich die großen Exemplare nicht mehr selbständig amöboid.

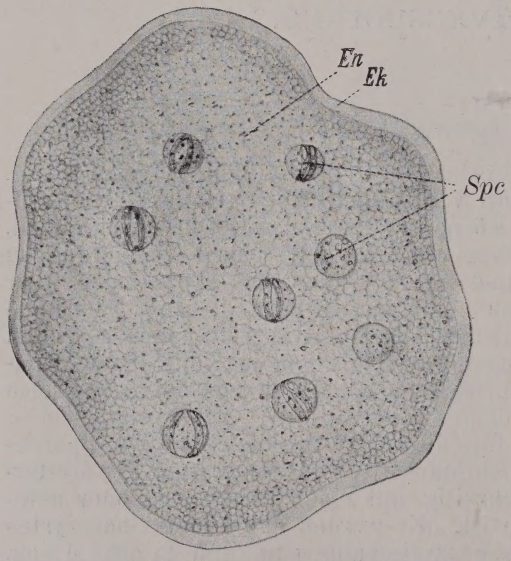


Fig. 13. **Sphaeromyxa sabrazesi** (Lav. et Mesn.). Habitusbild nach dem lebenden Objekt. *Ec* Ektoplasma, *En* Entoplasma, *Spc* Sporocyste. Aus Doflein.

Am lebenden wie am konservierten Tier erkennt man bei stärkerer Vergrößerung eine schmale (2 μ), im Leben hyaline, im gefärbten Präparat stärker gefärbte und fein radiär gestreifte Ektoplasmaschicht, die eine dauernde schützende Hülle um das grobvakuoläre Entoplasma bildet (Fig. 13). Am Rande der Scheibe sind die

Vakuolen des Entoplasmas kleiner als in der Mitte. In den Knotenpunkten der sehr feinwabig gebauten Vakuolenwände liegen die einzelnen Kerne, außerdem enthalten die Vakuolenwände sehr kleine, im Leben stark lichtbrechende und sich intensiv färbende Granula.

Die Kerne des Myxosporids besitzen eine deutliche Kernmembran, einen wohlentwickelten Außenkern mit Liningerüst und Chromatinkörnern, ein kleines Karyosom und meist eine Vakuole (Fig. 14a u. b). Sie vermehren sich mitotisch.

Sehr frühzeitig beginnen die Vorgänge der Sporenbildung, von denen man immer die verschiedensten Stadien nebeneinander im Plasma des Tieres findet und auch viele im lebenden Objekt deutlich erkennen kann. Zunächst umgibt sich ein Teil der Kerne mit einer größeren, dichteren Plasmamasse, und diese abgegrenzten Plasmapartien werden dadurch endogen zu Propagationszellen oder Gametoblasten (Fig. 14b),

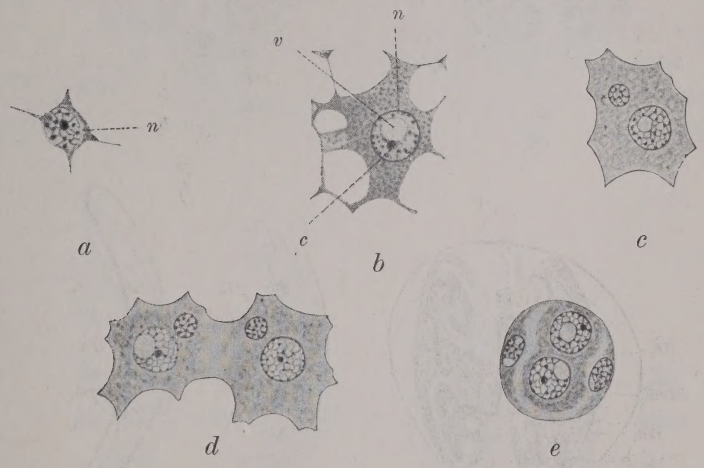


Fig. 14. **Sphaeromyxa sabrazesi** (Lav. et Mesn.). a Kern (*n*), b junger Gametoblast (*n* Kern, *v* Vakuole, *c* Karyosom), c Gametoblast mit Sporocystenkern vor der Kopulation, d Verschmelzung zweier Gametoblasten, e junge Sporocyste (Pansporoblast). Vergr. ca. 1500:1. Nach Ol. Schröder.

die sich in diesem Zustand noch durch Teilung vermehren können. Der Kern jedes Gametoblasten teilt sich nun in einen kleineren und einen größeren Tochterkern und zwei derartige zweikernige Zellen verschmelzen miteinander (Fig. 14c und d). Von manchen Autoren ist der Vorgang jedoch so aufgefaßt, daß das Stadium der Fig. 14c mit einem großen und einem kleinen Kern das Resultat einer pädogamen Gametenverschmelzung darstelle. Die beiden kleineren Kerne (Sporocystenkerne) resp. das zu ihnen gehörige Plasma bilden hierauf eine erst später deutlicher werdende Cystenmembran um das Verschmelzungsprodukt (Fig. 14e). Auf diese Weise entsteht die Anlage der Sporocyste (Pansporoplast). Die zwei größeren eigentlichen Gametenkerne bilden nun durch mitotische Teilung je 6 Tochterkerne, so daß die Sporocyste nun mit den beiden Sporocystenkernen 14 Kerne enthält (Fig. 15a). Je zwei von den Kernen liegen oft etwas näher im Zentrum beisammen; es sind die eigentlichen Gametenkerne, wie sich später zeigt (Fig. 15a *gk*). Sie stoßen je einen Reduktionskern (?) (*rdk*) ab, und das Plasma der

Sporocyste teilt sich nun in zwei Portionen mit je 6 Kernen, die Sporenanlagen, während die Sporocystenkerne frei im Innern der Cystenhülle zurückbleiben (Fig. 15 b).

Von den 6 Kernen jeder Sporenanlage produzieren nun zwei zusammen mit einer dünnen an der Oberfläche sich abschnürenden Plasmalage die Schalen der zweiklappigen Sporen (Schalenbildungskerne *schk*). Zwei weitere sondern sich an den gegenüberliegenden

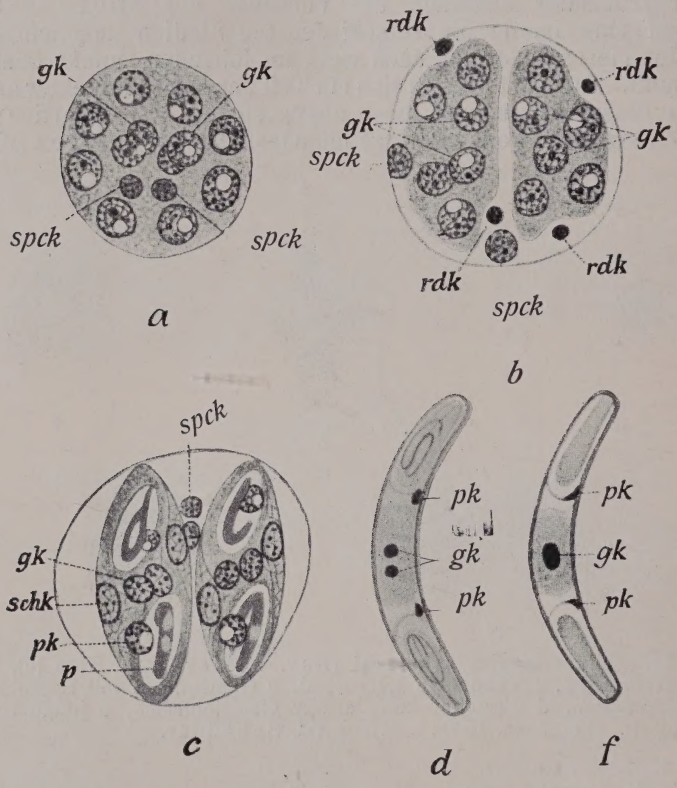


Fig. 15. **Sphaeromyxa sabrazesi** (Lav. et Mesn.). a Sporocyste mit 14 Kernen, worunter man die beiden Sporocystenkerne (*spck*) und je 2 Gametenkerne (*gk*) unterscheiden kann, b Bildung der Sporenanlagen, die je 6 Kerne enthalten, daneben frei in der Cystenhülle die beiden Sporocystenkerne (*spck*) und 4 von den Gametenkernen gebildete Reduktions(?)kerne (*rdk*), c Ausbildung der Sporen, *schk* Schalenkerne, *pk* Polkapselkerne, d und f fertige Sporen mit Kopulation der Gametenkerne (Karyogamie). Vergr. 1500 : 1. Nach Ol. Schröder.

Polen der spindelförmigen Sporenanlage mit einer Plasmaportion ab, in der die Polkapsel entsteht (Polkapselbildungskerne *pk*). Dies geschieht in der Weise, daß im Plasma eine Vakuole sich bildet, in welcher ein spiral gewundener hohler Schlauch, der Polfaden, sich entwickelt (Fig. 15 c und d).

Die zentrale Plasmapartie ist die Zygote (hier meist Amöboidkeim genannt) mit den beiden Gametenkernen. Sie verschmelzen erst, wenn die Spore schon fertig ausgebildet ist und die für unsere

Form charakteristische sichelförmige Gestalt angenommen hat (Fig. 15 d und f), ja vielfach tritt die Karyogamie erst ein, wenn die Spore aus dem Muttertier herausgetreten ist. Die Gametenkerne sind inzwischen stets kleiner und ganz kompakt geworden.

Mit der Sporenbildung hat also gleichzeitig ein pädogamer Befruchtungsakt stattgefunden, der bei der ersten Anlage zur Sporocyste (Pansporoblast) eingeleitet wird (Gametenverschmelzung), während die Karyogamie erst in der fertigen Spore eintritt.

Bei der Sporenbildung werden nicht alle Kerne des Myxosporids verwendet, sondern ein großer Teil bleibt zurück und degeneriert allmählich (somatische Kerne). Das ganze Myxosporid mit diesen somatischen Kernen stirbt später ab.

An den reifen Sporen kann man durch Zufügen von Salpetersäure zum lebenden Präparat die Polfäden zur Ausstülpung bringen.

Literatur über Myxosporidien.

Schröder, Ot. *(1907), Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Myxosporidien. Sphaeromyxa sabrazesi (Laveran et Mesnil). In: Arch. Protistenk., Bd. 9.*

— (1910), Ueber die Anlage der Sporocyste bei Sphaeromyxa sabrazesi (Laveran et Mesnil). In: Arch. Protistenk., Bd. 19.

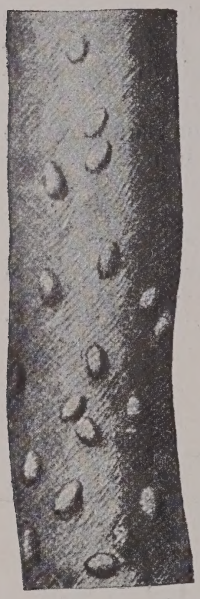
III. Sarcosporidia.

Allgemeines.

Die Sarcosporidien rechnen wir provisorisch zur Klasse der Cnidosporidien, weil ihre der Neuinfektion dienenden Sporen gelegentlich Polfäden enthalten können. Doch besitzt jede Spore bei ihnen nur einen Polfaden, der zudem sehr selten nachweisbar ist. Die Cnidosporidiennatur der Sarcosporidien wird daher vielfach in Zweifel gezogen. Meist scheint die Polfadenanlage rückgebildet zu sein, woraus der seltene Nachweis und die Unstimmigkeiten über die systematische Stellung der Gruppe seine Erklärung fände. Es sind durchweg, wie ihr Name besagt, Muskelschmarotzer, und zwar bei den verschiedensten Wirbeltieren, wobei die Infektion vom Darm aus geschieht. Die Vermehrung der Parasiten im Wirt (Autoinfektion) ist noch sehr ungenügend bekannt. In der Muskulatur entwickeln sich aus einer ursprünglich einkernigen amöbenartigen Zelle große vielzellige Plasmodienschläuche, die durch eine vom Wirtsgewebe gebildete Cyste eingeschlossen sind. Bei der Bildung der Sporen, die wir im speziellen Kurs genauer kennen lernen werden, finden im Gegensatz zu den Myxosporidien alle Kerne (Zellen) Verwendung.

Technische Bemerkungen.

Da sich an künstlich infizierten Tieren die Verhältnisse besser studieren lassen als bei natürlicher Infektion, bei der man meist alte Sarcosporidiencysten trifft, die viele degenerierende Elemente enthalten, so untersuchen wir künstlich infizierte Tiere. Um solche zu erhalten, verfüttert man mit Kleie feinverhackte Sarcosporidienschläuche von *Sarcocystis tenella* aus der Muskulatur des Schafes in möglichst frischem Zustande 2 und 3 Monate vorher an Mäuse. Infiziertes Hammelfleisch (Fig. 16) ist von Schlachthöfen leicht erhältlich. Bei infizierten Mäusen finden sich die Sarcosporidienschläuche besonders in der Muskulatur der Extremitäten und in der Bauchmuskulatur. Die Schläuche haben bei der Maus im Gegensatz zu den ovalen aus dem Hammel (Fig. 16) eine sehr dünne spindelförmige Gestalt und sind beträchtlich kleiner.



Zum Studium ist man hauptsächlich auf Untersuchen von Schnitten (am besten Längsschnitte) durch infizierte Muskelstücke angewiesen, die man am besten mit Flemmingscher Flüssigkeit fixiert und mit Eisenhämatoxylin gefärbt hat. Doch empfiehlt sich auch die Herstellung von Ausstrichpräparaten aus zerzupften größeren Schläuchen und Färben mit Eisenhämatoxylin, feucht Giemsa und Methylenblau.

Fig. 16. **Sarcocystis tenella** (Railliet) aus der Oesophaguswand des Schafes. Nach Schneidemühl.

Spezieller Kurs.

Sarcocystis tenella (Railliet)

(aus der Maus).

Die Infektion der Maus vollzieht sich vom Magen und den anschließenden Darmteilen aus, wobei die Sporen in das Epithel eindringen. Ihr weiteres Schicksal im Körper des Wirtes ist noch sehr ungenügend bekannt, und wir beginnen daher gleich mit dem Studium der Formen in der Körpermuskulatur, von denen man die jüngsten Stadien 4—8 Wochen nach der Infektion gelegentlich auf Schnitten (aber sehr selten) antrifft. Es sind kleine, meist schon zweikernige, scheinbar nackte, amöbenartige Zellen im Innern einer Muskelzelle (Fig. 17). Diese jüngsten Formen scheinen sich durch Zellteilung zu vermehren und so ein vielzelliges Stadium zu bilden, das erst später zur eigentlichen typischen Sarcosporidiencyste wird, die in einer einheitlichen grob vakuolisierten Plasmamasse eine der Kernzahl entsprechende Anzahl kugeliger Zellen (Prosporoblasten) enthält (Fig. 18 und 19) und durch eine vom Muskelgewebe gebildete Cystenhülle umschlossen ist. In älteren „Schläuchen“ wird der Inhalt sekundär durch ebenfalls vom Wirtsgewebe gebildete Wände in Kammern abgeteilt.

Jeder Prosporoblast besitzt einen kleinen Kern, der aus einem kompakten Karyosom mit schmaler, oft undeutlicher Kernsaftzone besteht (Fig. 18 und 19). Im Plasma der Prosporoblasten treten außerdem sehr frühzeitig sogen. metachromatische Körper auf. Dieselben färben sich mit den meisten Kernfarbstoffen sehr kräftig, nehmen jedoch z. B. bei Methylenblaufärbung im Gegensatz zum blauen Kern eine rote Färbung an (Fig. 20 b). Meist sind sie dicht um den Kern gelagert, von dem aus sie eventuell gebildet werden, und wurden daher in ihrer Gesamtheit früher für den Kern gehalten.

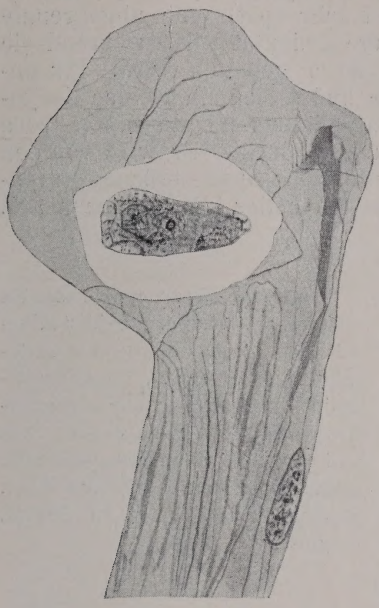


Fig. 17.

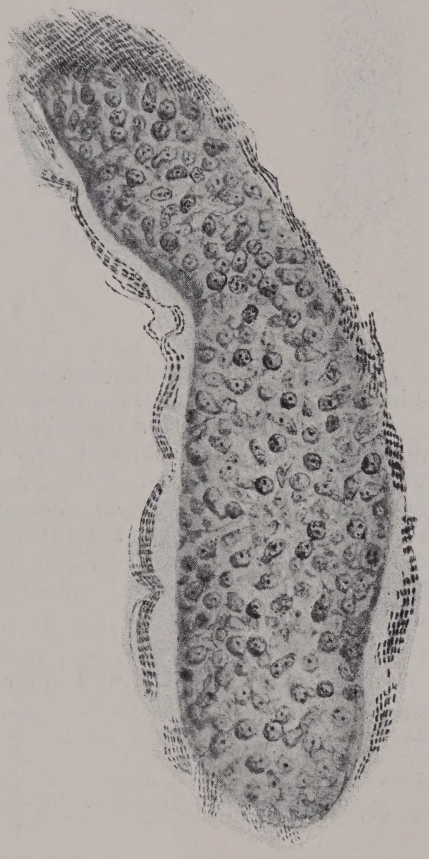


Fig. 18.

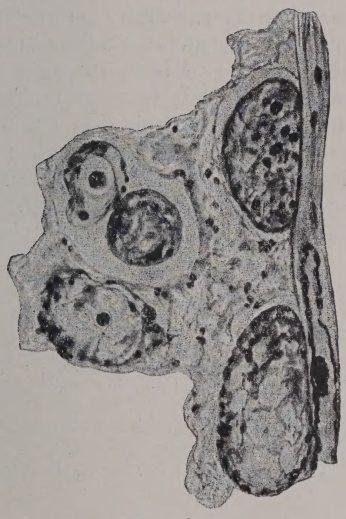


Fig. 19.

Fig. 17. **Sarcocystis tenella** (Railliet). Jüngstes Stadium in einer Muskelzelle. Vergr. ca. 2500 : 1. Nach Rh. Erdmann.

Fig. 18. **Sarcocystis tenella** (Railliet). Kleiner Schlauch aus der Beinmuskulatur der Maus. Längsschnitt. Vergr. ca. 650 : 1. Original.

Fig. 19. **Sarcocystis tenella** (Railliet). Ausschnitt eines jungen Schlauches mit Sporoblasten. Aus der Maus. Vergr. ca. 2500 : 1. Nach Rh. Erdmann.

Die Prosporoblasten vermehren sich durch Teilung, und auf diese Weise wächst das Sarcosporid beträchtlich. Fig. 18 zeigt einen mittelgroßen Schlauch. Nun wandeln sich die kugeligen Sporoblasten in ellipsoide, dann sichelförmige Körper um, die Sporen (Fig. 20 a und b). Am einen Pol derselben bildet sich (oft sehr spät) eine abgegrenzte Körneransammlung, die als Polfadenanlage gedeutet wird, während sie von anderer Seite für den eigentlichen Kern gehalten wird. Ihr anliegend oder mehr in der Mitte der Spore findet sich ein kleiner Karyosomkern, wie in den früheren Entwicklungsstadien, nur durch die große Anzahl metachromatischer Körner oft ganz verdeckt. Er wird von den Vertretern der Kernnatur des Körnerhaufens als ausgestoßenes Karyosom angesprochen. Der andere Pol weist ein helles klares Plasma auf.

a *b*

Fig. 20. **Sarcocystis tenella** (Railliet). Sporen. a Frühstadium mit deutlichem Kern, ohne metachromatische Körper, Eisenhämatoxylin; b fertige Spore; Körnerhaufen (Polfadenanlage) rot mit anliegendem kleinen Karyosomkern; metachromatische Körner blau. Feucht Giemsa. Vergr. ca. 2500:1. Original.

Ein eventuell vor Ausbildung der Spore zu erwartender pädogamer oder autogamer Befruchtungsvorgang ist noch nicht sicher nachgewiesen.

Die Umbildung der Sporoblasten in Sporen beginnt im Zentrum des Schlauches und schreitet gegen dessen Pole weiter. An letzteren vermehren sich indessen noch die Sporoblasten, wodurch der Schlauch noch weiterwächst. Auch die jungen Sporen scheinen sich noch selbständig durch Längsteilung vermehren zu können. Zum Schluß der Entwicklung finden sich jedoch nur noch Sporen innerhalb der Sarcosporidiencyste, die in alten Schläuchen großenteils degenerieren und zugrunde gehen.

Literatur über Sarcosporidien.

Alexeieff, A. *(1913), Recherches sur les Sarcosporidies. In: Arch. Zool. Exp., T. 51.*

Bertram, A. *(1892), Beiträge zur Kenntnis der Sarcosporidien etc. In: Zool. Jahrb., Abt. Morph., Bd. 5.*

Erdmann, Rh. *(1910), Beiträge zur Morphologie und Entwicklungsgeschichte des Hammelsarcosporids in der Maus. In: Centralbl. f. Bakt., I. Abt., Orig., Bd. 53.*

— (1910), Kern und metachromatische Körper bei Sarcosporidien. In: Arch. Protistenk., Bd. 20.

IV. Flagellata.

Allgemeines.

Die typischen Flagellaten sind charakterisiert durch den Besitz einer oder mehrerer Geißeln, das sind lange, fädige Anhänge, die der Bewegung dienen. Die Zahl, Anordnung und Verbindung der Geißeln mit dem Zellkörper bilden Hauptmerkmale für die Systematik dieser Protozoen. Meistens entspringen die Geißeln am Vorderende des Tieres; bei der Bewegung werden sie teils nach vorn gerichtet (Hauptgeißeln und daneben stehende, kleinere, Nebengeißeln genannt), teils nach rückwärts, wobei sie gewissermaßen als Steuerruder dienen und Schleppgeißeln genannt werden. Eine besondere Modifikation ist die undulierende Membran, die dadurch zustande kommt, daß eine Schlepp- oder Saumgeißel an der Körperseite entlang zieht, dabei eine dünne Lamelle von Protoplasma herausziehend, um nach vorn oder hinten als freie Geißel zu endigen (Näheres hierüber siehe bei *Trichomonas* und bei den Trypanosomen). Es hat sich herausgestellt, daß die Geißeln nicht einfache Protoplasmafortsätze sind, sondern ähnlich wie die Spermatozoenschwänze Skelettelemente von elastischen Fasern besitzen. Danach besteht auch eine freie Geißel aus einer axialen oder randständigen Faser und einer feinen Hülle von homogenem, flüssigem Protoplasma. Dieser Bau macht uns auch die Bewegungsweise der Geißeln verständlich. Das nackte Protoplasma ist wie bei der Amöbenbewegung durch Änderung der Oberflächenspannung das tätige, kontraktile Element. Dadurch, daß dasselbe mit einem elastischen Faden in fester Verbindung steht, wird die sonst ungeordnete Bewegung in eine geordnete, typische Bewegung verwandelt.

Morphologisch und systematisch wichtig ist neben der Zahl und Anordnung vor allem die Art der Inserierung der Geißeln, die nach neueren Untersuchungen durch einen besonderen Basalapparat mit dem Körper in Verbindung stehen; sie nehmen ihren Ursprung von einfachen oder doppelten Basalkörpern (letztere Diplosom genannt), das sind kleine, stark färbbare Körperchen, die genetisch vom Centriol abstammen. Diese können wiederum durch eine Fibrille, den sog. Rhizoplast, mit dem Kern, speziell dem Karyosom, in Verbindung stehen resp. mit einem besonderen zweiten, kleineren Geißelkern, dem Blepharoplast oder Kinetonucleus. Physiologisch dienen diese für die Systematik wichtigen Differenzierungen, die Kinetonukleen, Basalkörper und Rhizoplasten, der Geißel als Verankerung mit dem Kern und bilden somit ein weiteres Element zum Zustandekommen der geordneten Bewegung.

Der Körper der Flagellaten ist meist länglich und mehr oder weniger formbeständig. Nur die niederen Formen besitzen noch neben der Geißel eine amöboide Bewegung oder sind metabol. Die konstante Form kann bedingt sein durch die sog. Pellicula, eine cuticulare Verfestigung (Gelatinierung) der Oberflächenhaut, der elastische Fasern eingebettet sein können. Bei anderen Formen ist die Gestalt durch innere feste (Gel-)Fibrillen (Axenstäbe) veranlaßt.

Im darunterliegenden Protoplasma findet sich häufig ein deutlicher Alveolarsaum ausgebildet. Eine Differenzierung in Ekto- und Entoplasma fehlt in der Regel. Als besondere Organelle ist meist ein Zellmund oder Cytostom und eine oder mehrere kontraktile Vakuolen vorhanden. Das Plasma ist oft stark granuliert und kann Einschlüsse verschiedenster Art enthalten. Die Kerne sind stets bläschenförmig mit großem Karyosom und nur selten stark entwickeltem Außenkern.

Die gewöhnliche Art der Fortpflanzung ist die Längsteilung im frei beweglichen Zustand. Sehr verbreitet ist auch die ein- oder mehrmalige Längsteilung innerhalb einer Cyste. Der Kernteilung pflegt die Teilung des Basalkörperapparates vorauszugehen. Die Hälfte der Geißeln wird neu gebildet. Durch rasch aufeinanderfolgende Teilungen der Kerne und unvollständige Zellteilung kann eine multiple Fortpflanzung zustande kommen. Als Befruchtungsvorgang findet sich Isogamie sowohl von gewöhnlichen erwachsenen Formen als auch von besonderen kleinen Geschlechtsformen. In gleicher Ausbildung kommen die verschiedensten Formen der Anisogamie bis zur ausgesprochenen Oogamie vor. Auch autogame Befruchtungsvorgänge sind bei den Flagellaten nicht selten. Aus diesen kurzen Andeutungen über die Fortpflanzungs- und Befruchtungsvorgänge der Flagellaten ist ersichtlich, daß der ganze Entwicklungskreis der einzelnen Formen ungemein verschieden sein kann, da die Möglichkeit zu den verschiedensten Kombinationen gegeben ist.

a) Protomonadina.

Allgemeines.

Zu den Protomonadinen gehören die primitivsten Formen der Flagellaten. Ihr Körper ist mehr oder minder metabol, ja selbst amöboid beweglich. Sie besitzen eine bis acht Geißeln, die gleich oder verschieden lang sein und mannigfaltige Anordnung aufweisen können, aber stets von Basalkörpern entspringen, die ihrerseits durch Rhizoplasten mit dem Kern in Verbindung stehen können. Von parasitischen Formen gehören hierher Vertreter der Gattungen *Bodo, Cercomonas, Trichomonas* und *Lamblia,* meist Darmbewohner. Mehrere Gattungen und Arten kommen auch beim Menschen vor. Bezüglich des Baues, der Fortpflanzung usw. sei auf den speziellen Kurs verwiesen.

Technische Bemerkungen.

Material. Der Enddarm und die Kloake unserer Eidechsen beherbergen fast stets drei Arten von Flagellaten, *Bodo lacertae* (Grassi), *Trichomastix lacertae* (Bütschli) und *Trichomonas lacertae* (v. Prowazek). Die letztgenannte ist die seltenste, während die beiden ersten meist reichlich zu finden sind. Da sich diese Formen im frischen Präparat stunden-, ja tagelang lebend erhalten, da außerdem der Lebenszyklus jeder einzelnen bekannt ist und daher die Entwicklungsstadien bestimmt werden können, so eignen sie sich in besonderem Maße zur Einführung in das Studium der Morphologie und Entwicklungsgeschichte der Flagellaten. Falls man im Eidechsendarm keine *Trichomonas*

lacertae findet, so wähle man zum Studium die im Blinddarm der Maus fast stets in großer Zahl vorhandene *Trichomonas muris*. In den menschlichen Faeces wird man selten Trichomonaden antreffen.

Da die menschliche *Lamblia intestinalis* nur gelegentlich vorkommt, so untersuchen wir statt dieser die *Lamblia muris*, die sich im Dünndarm der Mäuse sehr häufig findet.

Zur Herstellung von Präparaten preßt man durch leichten Druck etwas Kot aus dem After der Eidechse, fängt ihn in gut gereinigten Urschälchen auf und fertigt hiervon unter eventuellem Zusatz von physiologischer Kochsalzlösung und dünnflüssiger Gelatinelösung (zur Herabsetzung der starken Beweglichkeit der Flagellaten) hängende Tropfen oder einfache Deckglaspräparate. Die Mäuse muß man töten und direkt aus dem Blind- und Dünndarm mit der Öse Material entnehmen und zwar am besten direkt von der Darmwand.

Zu Dauerpräparaten fixiert man dünne Deckglasanstriche in Sublimatalkohol und Hermannscher Flüssigkeit und färbt mit Delafields Hämatoxylin und Eisenhämatoxylin nach Heidenhain.

Spezieller Kurs.

Bodo lacertae (Grassi).

Diese Protomonadine ist stets zu finden. Sie besitzt lanzett- oder keilförmige Gestalt; der hintere Teil des Körpers ist, vom ersten Drittel angefangen, meist von rechts nach links zu einer halben oder selbst ganzen Spirale gedreht, ähnlich der Spitze eines Bohrers (Fig. 21 a).

Sie besitzt den für die Gattung *Bodo* charakteristischen Geißelapparat, nämlich zwei gleich dicke, verschieden lange Geißeln am Vorderende, wovon die längere fast immer nach vorn gerichtet ist, während die zweite als Schleppgeißel funktioniert. Beide Geißeln, die auch im Leben gut zu sehen sind, nehmen ihren Ursprung von einem Basalapparat, der erst in mit Eisenhämatoxylin gefärbten Präparaten deutlich nachweisbar ist. Er stellt einen aus zwei Anschwellungen bestehenden Basalkörper dar, von dem, durch eine schmale Schicht homogenen Plasmas getrennt, eine mit einer Anschwellung beginnende sich stark färbende Fibrille (Rhizoplast) seitlich zum Kern zieht. Wie man an gequetschten Exemplaren sehen kann, durchbricht die Fibrille den Kern, um am Ende desselben im Karyosom zu enden (Fig. 21 b u. c).

Die Bewegung ist sehr charakteristisch; die Tiere schwimmen rasch, unruhig umher, mit der vorderen Geißel gleichsam tastend; der Körper kann dabei auch eine geringe Beweglichkeit aufweisen.

Der Kern ist bläschenförmig, besitzt eine deutliche Kernmembran, der grobe Chromatinbrocken anlagern. Außerdem kann man an Eisenhämatoxylinpräparaten ein achromatisches Wabenwerk und ein kleines kompaktes Karyosom beobachten, das meist exzentrisch gelagert ist. Im Leben erscheint der Kern als ein grünlich schimmerndes, lichtbrechendes Bläschen (Fig. 21 a).

Außer in der eben beschriebenen Form kommt das Flagellat noch in einem zweiten Typus vor, der eine gedrungene Gestalt aufweist (Fig. 21 c) und hinter dem Kern noch einen, im Leben grünlich

schimmernden kernartigen Reservestoffkörper (Chromidialkörper) besitzt. Letzterer kann sehr verschiedenartig gestaltet sein, wurst-, sichel-, bandförmig, geweihartig verzweigt, oder in mehrere längliche oder ovale Körper zerteilt. Mit Eisenhämatoxylin färbt er sich gut; er besteht aus einer glykogenartigen Substanz, da er bei der Lubarsch-Färbung einen blauen Farbton annimmt (Fig. 21 c).

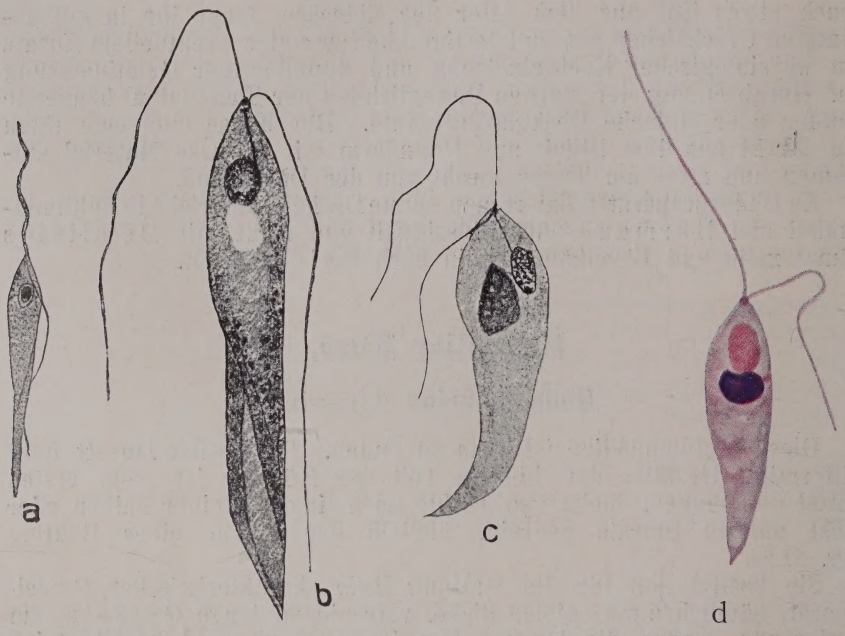


Fig. 21. **Bodo lacertae** (Grassi). a nach dem Leben, b Typus ohne, c Typus mit Chromidium (Reservestoffkörper), d dasselbe bei Glykogenfärbung. Vergr. 1200:1. a—c nach v. Prowazek, d nach Whitmore.

Am Protoplasma kann man in Eisenhämatoxylinpräparaten gut die feinwabige Struktur beobachten. Außerdem findet man vielfach größere sich intensiv färbende Granula. Ein Zellmund (Cytostom) fehlt; die Ernährung erfolgt auf osmotischem Wege.

Da die Fortpflanzungsstadien seltener zu beobachten sind, so sollen dieselben hier nur ganz kurz geschildert werden. Die beiden durch das Fehlen resp. Vorhandensein des Reservestoffkörpers gekennzeichneten Typen verhalten sich dabei verschieden. Die gewöhnliche Form bildet kugelige Vermehrungscysten (Fig. 22 a—d), wobei der ganze Geißelapparat rückgebildet und eine zarte, gallertige Cystenmembran ausgeschieden wird. Die Teilung des Kernes, der sich dabei zunächst vergrößert und auch im Leben deutlich sichtbar wird, vollzieht sich durch eine Promitose mit einer Desmose des Karyosoms (Fig. 22 b); es sei noch bemerkt, daß der ganze Vorgang auch im Leben deutlich zu beobachten ist und sich in etwa 20 Minuten abspielt. Nach einmaliger (in seltenen Fällen zweimaliger) Teilung der Zelle bilden die beiden (resp. 4) Kindindividuen noch innerhalb der Cyste ihren Geißelapparat (Fig. 22 d), bewegen sich lebhaft und schlüpfen dann nacheinander durch eine Perforation der Membran aus.

Die durch den Reservestoffkörper ausgezeichnete zweite Form vermehrt sich dagegen im freibeweglichen Zustande durch Längsteilung. Der Teilung des ganzen Tieres geht eine Teilung des Basalapparates, eine mitotische Teilung des Hauptkernes, sowie eine Durchschnürung des Reservestoffkörpers voraus, wovon eventuell Stadien an Eisenhämatoxylinpräparaten zur Beobachtung gelangen können (Fig. 22e).

Bei diesem Flagellat kann auch (allerdings äusserst selten) ein hologamer Befruchtungsvorgang im Leben beobachtet werden. Hierbei kopulieren in ihrer Größe etwas verschiedene (anisogam, weiblich und männlich) bewegliche Individuen und encystieren sich nach der Verschmelzung (Fig. 23). Dabei werden durch zwei Kernteilungen je zwei Reduktionskerne gebildet. Nach der Befruchtung folgt innerhalb der Cyste eine Teilung in 2—16 Flagellaten.

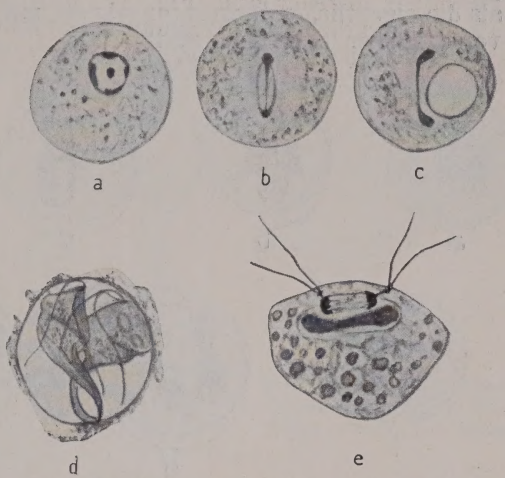


Fig. 22. **Bodo lacertae** (Grassi). a—d Teilung innerhalb einer Vermehrungscyste, e Längsteilung der Form mit Reservestoffkörper. Nach v. Prowazek.

Außer dieser Kopulation ist noch eine Autogomie innerhalb einer stark lichtbrechenden Cyste für unsere Form angegeben; doch ist die Zugehörigkeit dieser Antogamiecysten zu *Bodo lacertae* strittig. Wegen der starken Lichtbrechung der Befruchtungscysten läßt sich in vivo nicht viel beobachten. Man muß sich daher auf die Untersuchung von Eisenhämatoxylinpräparaten beschränken. Die Bilder lassen sich folgendermaßen aneinander reihen: zunächst sieht man in dem sehr deutlich alveolär gebauten Protoplasma den vergrößerten Kern und an dessen Peripherie eine Anzahl dunkler färbbarer Bläschen liegen

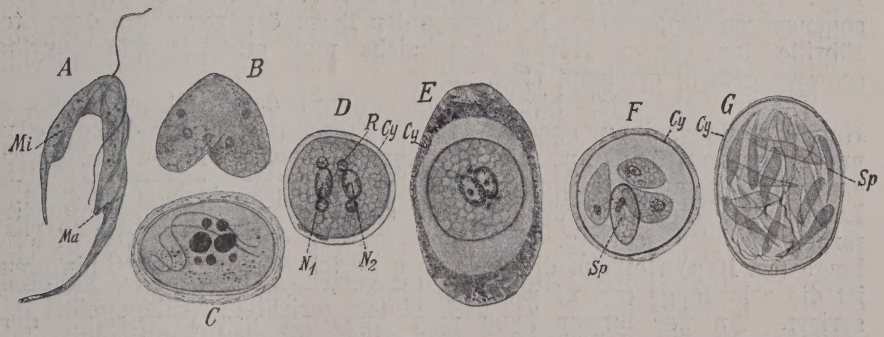


Fig. 23. **Bodo lacertae** (Grassi). Anisogame Kopulation. A und B Verschmelzung. *Mi* Mikrogamet. *Ma* Makrogamet. C—E Cystenbildung. D Reduktion der Gametenkerne. *Cy* Cystenbildung. N_1 N_2 Gametenkerne. *R* Reduktionskerne. F und G Bildung von Flagellatenstadien nach der Befruchtung. Nach v. Prowazek.

(Fig. 24). Diese chromidialen Bläschen verschmelzen zu einem neuen Kern, dem Geschlechtskern (Fig. 24 b u. c), während der ursprüngliche als rein somatischer Kern degeneriert und allmählich resorbiert wird. Der neue Kern teilt sich hierauf durch eine Amitose in zwei Tochterkerne (Fig. 24 d u. e), die nach Abschnürung von zwei weiteren Kernen, die als Reduktionskerne aufzufassen sind und gleichfalls degenerieren (Fig. 24 f u. g), sich vergrößern und nun erst als die eigentlichen Befruchtungskerne miteinander zu dem Synkaryon verschmelzen (Fig. 24 h u. i).

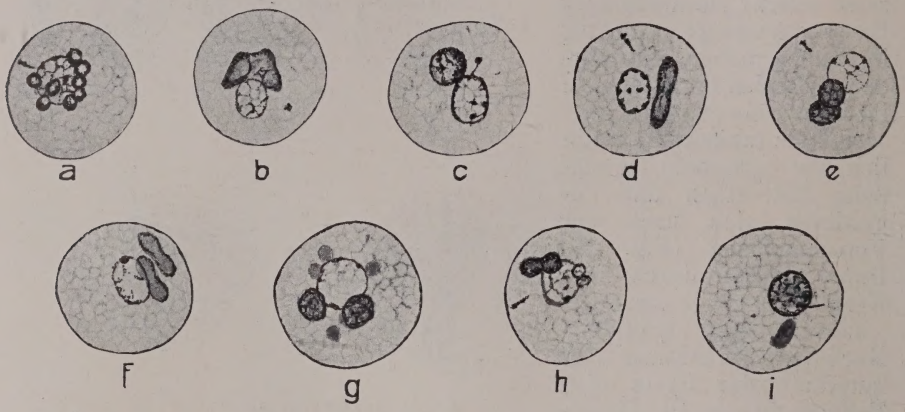


Fig. 24. **Bodo lacertae** (Grassi). Autogamie innerhalb der Cyste. a Austreten der Geschlechtschromidien aus dem Kern in Form von Bläschen, b und c Zusammenfließen der Bläschen und Abrundung zum Geschlechtskern, d und e Teilung in 2 Gametenkerne, f und g Bildung je zweier Reduktionskerne, die wie der somatische Kern resorbiert werden, h und i Kopulation der reduzierten Kerne zum Synkaryon. Nach fixierten und gefärbten Präparaten. Vergr. 1200:1. Nach v. Prowazek. —

Trichomastix lacertae (Bütschli).

Die Gestalt dieser Art, die ebenso zahlreich wie *Bodo* vorkommt, ist gestreckt, birn- oder rübenförmig. Manchmal zieht sich der Protoplast etwas zusammen, wobei dann am Hinterende eine Spitze hervorragt. Diese spitze Form wird bedingt durch einen elastischen Stab, den sogenannten Achsenstab, der von den Basalkörpern aus als doppelte Fibrille den ganzen Körper durchzieht und mit Eisenhämatoxylin schwarz gefärbt erscheint (Fig. 25).

Dieser Achsenstab bildet zusammen mit dem Geißelapparat das Hauptcharakteristikum unserer Art. Letzterer besteht aus 4 Geißeln und 2 Basalkörpern, die vor dem Achsenstab liegen und durch eine Zone homogenen Protoplasmas voneinander getrennt sind. Im Leben sind die Basalkörper kaum sichtbar, mit Eisenhämatoxylin färben sie sich schwarz. Von den vorderen entspringen drei gleichlange (ca. 10 μ) Geißeln, die nach vorn gerichtet sind, an dem hinteren ist die sehr lange (ca. 24 μ), nach hinten gerichtete Schleppgeißel inseriert. An der letzten kann man einen für das Verständnis der Geißelbewegung wichtigen Bau bei starker Vergrößerung (Immersion 2 mm, Kompensationsokular 12) erkennen; sie läuft nämlich am Ende in einen deutlich abgesetzten Endfaden aus, der als elastische Axial-

fibrille zu deuten ist, die im übrigen Teil der Geißel von einer spiralig verlaufenen protoplasmatischen Hülle umgeben ist.

Die 3 Vordergeißeln schlagen meist peitschenartig, woraus sich die charakteristische wackelnde pendelnde Bewegung ergibt.

Am Vorderende des Achsenstabes, demselben seitlich angeheftet, liegt der ovale Kern; er besitzt eine deutliche Kernmembran und feinwabige Struktur, in deren Knotenpunkten Chromatinkörner liegen, sowie ein sehr kleines Karyosom.

An dem Protoplasma kann man gleichfalls einen feinwabigen Bau erkennen. An günstigen Präparaten ist auch noch eine spaltförmige Einbuchtung am Vorderende wahrzunehmen, der Zellmund oder das Cytostom, das der Nahrungsaufnahme dient. Die Nahrung besteht hauptsächlich aus Kokken, die sich vom Grunde des Cytostoms ablösen und in eine Nahrungsvakuole im Protoplasma eingeschlossen werden.

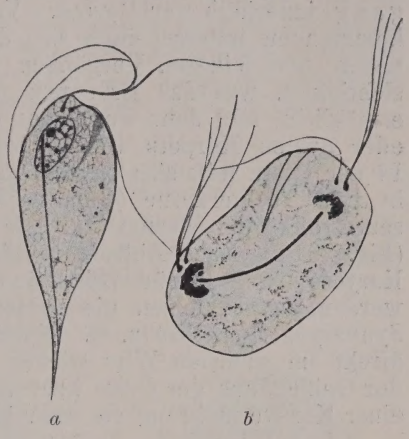


Fig. 25. **Trichomastix lacertae** (Bütschli). a vegetative Form, b Teilungsstadium. Vergr. 1200 : 1. Nach v. Prowazek.

Die Fortpflanzung ist, wie in der Regel bei Flagellaten, eine Längsteilung. Dabei teilt sich der Basalapparat, und ein Teil der Geißeln wird auf die Kindindividuen übernommen, die übrigen werden von den Basalkörpern neu gebildet. Der alte Achsenstab verkürzt sich und wird eingeschmolzen. Die Basalkörper teilen sich und bleiben durch eine Desmose verbunden, wobei sie meist an die Pole des sich teilenden Kernes rücken. Die Basalkörperdesmose wird meist sehr spät

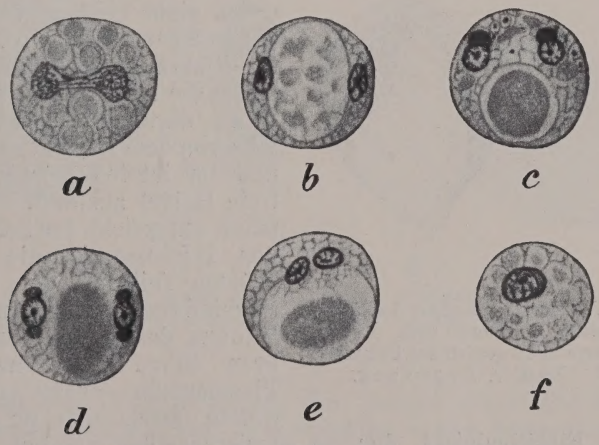


Fig. 26. **Trichomastix lacertae** (Bütschli). Autogamie, a erste Kernteilung in der Cyste, b Cyste mit gegenüberliegenden Gametenkernen, c u. d 1. u. 2. Reduktionsteilungen, e Aufeinanderrücken der Gametenkerne, f Cyste mit Synkaryon. Vergr. ca. 1200 : 1. Nach v. Prowazek, etwas verändert.

resorbiert, während die Achsenstäbe der Tochtertiere von den geteilten Basalkörpern aus neu gebildet werden (Fig. 25 b). An gefärbten Präparaten können eventuell Stadien dieses Vorganges beobachtet werden.

Bei dieser Art findet sich ein autogamer Befruchtungsvorgang innerhalb der Cyste. Von anderen im Eidechsendarm vorkommenden unterscheiden sich die Autogamiecysten von *Trichomastix* neben den feineren Vorgängen am Kern einmal durch ihre Durchsichtigkeit, was das Erkennen der Kernverhältnisse auch im Leben ermöglicht, und dann durch das Vorhandensein eines großen kugeligen oder ovalen Körpers von glykogenartiger Substanz im Protoplasma. In der Cyste teilt sich zunächst der Kern durch eine primitive Mitose in zwei Tochterkerne (Gametocytenkerne, Fig. 26 a), die um den Reservestoffkörper herum auf die gegenüberliegenden Seiten rücken (Fig. 26 b). Nach Abtrennung je zweier Reduktionskerne, die vom Karyosom abgeschnürt (Fig. 26 c u. d) und hierauf im Plasma resorbiert werden, verschmelzen die beiden nun reifen Gametenkerne zu einem Synkaryon (Fig. 26 e u. f). Nach dieser autogamen Befruchtung kann direkt im gleichen Wirt wieder das freie Flagellat nach Ausbildung der Geißeln aus der Cyste hervorgehen, oder aber die Cyste wird nach einer Kernvermehrung zu einer Dauercyste und dient der Neuinfektion.

Trichomonas lacertae (v. Prowazek).

Die *Trichomonas* ist die seltenste unter den drei Flagellaten des Eidechsendarmes. Größe und Form ist sehr variabel, letztere in der Regel oval oder mandelförmig. Als Angehörige der Gattung *Trichomonas* besitzt unsere Form drei mittellange, im Leben etwas grünlich schimmernde und an der Basis miteinander verklebende Geißeln (Fig. 27 a), die von einem fast vierkantigen, mit Eisenhämatoxylin stark färbbaren Basalkorn (resp. einer Gruppe von solchen) entspringen (Fig. 27 b). Das weitere Charakteristikum der Gattung bildet die undulierende Membran, deren Randfaden gleichfalls von dem Basalkorn entspringt und im letzten Körperdrittel als freie Geißel ausläuft. Der Randfaden entspricht der Schleppgeißel von *Trichomastix*, die hier zum größten Teil mit dem Körper in Verbindung bleibt und so zur Bildung der undulierenden Membran führt. Der undulierende Plasmasaum erhält noch eine Stütze durch eine im Zellkörper verlaufende Fibrillenleiste, der sie gewissermaßen aufsitzt. Ihr kann eine Reihe runder, stark färbbarer Körner unbekannter Bedeutung angelagert sein. Ein Achsenstab ist schwach entwickelt und nur schwer nachweisbar (Fig. 27 b).

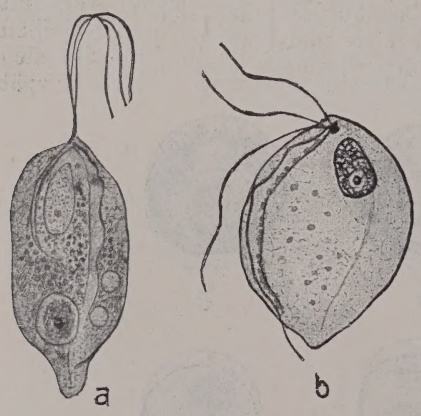


Fig. 27. **Trichomonas lacertae** (v. Prowazek). a nach dem Leben, b nach fixiertem und gefärbtem Präparat. Verg. 1200 : 1. Nach v. Prowazek.

Am Vorderende befindet sich seitlich von den Geißeln ein schmales, aber sehr tiefes, sichelförmiges Cytostom (Fig. 27a links neben dem Kern).

Der ovale und seitlich etwas abgeplattete Kern ist auch am lebenden Objekt gut zu sehen (Fig. 27a); er weist einen sehr stark chromatischen Außenkern und ein kleines Karyosom auf. Die Fortpflanzung vollzieht sich ähnlich wie beim *Trichomastix*. Da diese Art selten zu finden ist, brauchen wir auf die Einzelheiten hier nicht einzugehen.

Trichomonas muris (Hartmann).

Die *Trichomonas muris*, die man im Blinddarm der Maus fast stets in großer Anzahl trifft, ist infolge ihrer Häufigkeit und der Klarheit der Organisationsverhältnisse und Teilungsvorgänge die günstigste Form

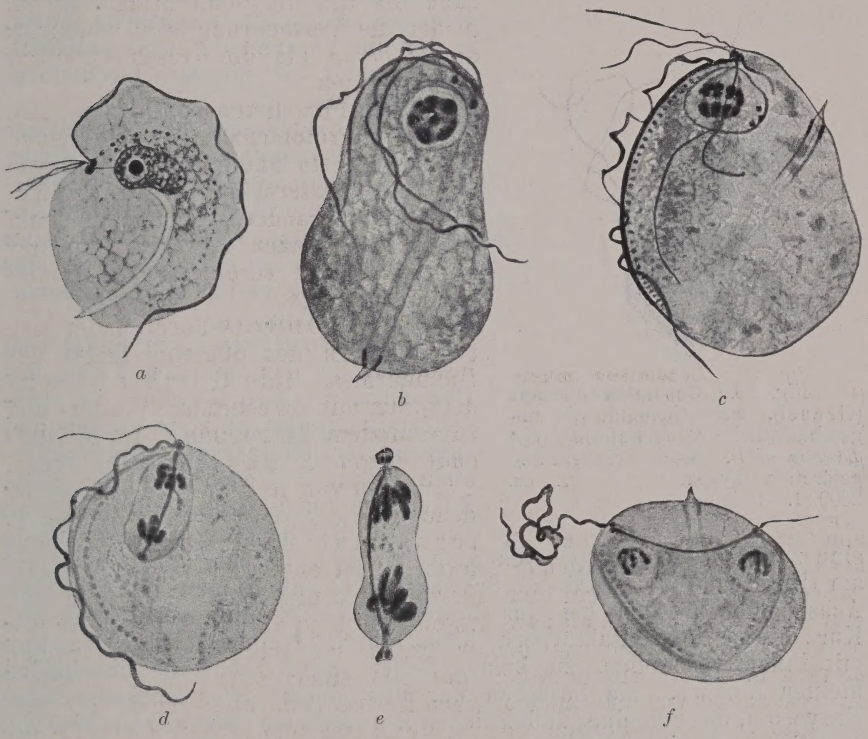


Fig. 28. **Trichomonas muris** (Hartmann). a vegetative Form, b—f Teilungsstadien. Nach fixiertem und gefärbtem Präparat. Vergr. ca. 1500:1. a Original, b—f nach Kuczynski.

zum Studium der Trichomonaden. Sie besitzt einen breiten, in der Mitte hellen und seitlich von zwei scharfen Linien begrenzten Achsenstab, der an dem Kern vorbei zu den Basalkörpern zieht (Fig. 28a). Hinten ragt er meist aus dem Körper hervor und ist scharf zugespitzt. Die sonstigen Verhältnisse sind ähnlich wie bei *Trich. lacertae*. Bei der Teilung wird der alte Achsenstab ebenfalls rückgebildet, und die

neuen entstehen in ähnlicher Weise, wie bei *Trichomastix*. Doch sind hier die Verhältnisse weit klarer und Teilungsstadien auch häufiger zu finden. Auch die Basallinie der undulierenden Membran wird bei der Teilung eingeschmolzen und von den geteilten Basalkörpern neu gebildet. Sehr schön ist bei der Kernteilung, bei der die Kernmembran stets erhalten bleibt und die Basalkörper die Rolle des Teilungsorganells übernehmen, die Ausbildung von 8 Chromosomen zu beobachten (Fig. 28 b—f).

Lamblia (u. Octomitus) muris (Bensen).

Im Dünndarm der Maus finden sich zwei 8-geißlige Flagellaten, *Octomitus muris* (Grassi) und *Lamblia muris* (Bensen), die eventuell nur zu dem Zeugungskreis einer Art gehören, die dann *Lamblia muris* heißen müßte. — Der *Octomitus* wäre dann als die ungeschlechtliche Form, in der die Vermehrung sich vollzieht, die *Lamblia* als die Geschlechtsform zu betrachten.

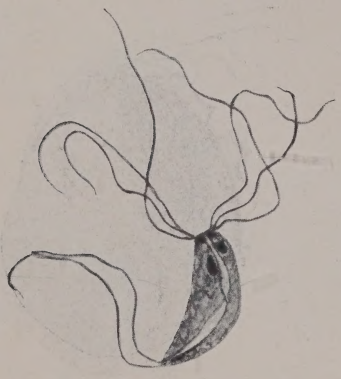


Fig. 29. **Octomitus muris** (Grassi), wahrscheinlich die ungeschlechtliche Jugendform von *Lamblia muris*. Nach fixiertem und gefärbtem Präparat. Vergr. ca. 2600 : 1. Original.

Diese Flagellaten sind Doppeltiere (diplozoe Protomonadinen), bei denen Kerne, Geißeln und Achsenstäbe paarweise in bilateral symmetrischer Anordnung vorhanden sind. Man kann sie gewissermaßen als zwei an der Längsseite fest verbundene Trichomonaden betrachten.

Die ***Octomitus***-Form findet sich besonders in den obersten Teilen des Dünndarmes. Ihre Gestalt ist spindelförmig mit abgestutztem Vorder- und zugespitztem Hinterende. Am Vorderende liegen 2 Basalkörper (resp. 2 Gruppen von je 3 Basalkörpern), von denen je 3 Vordergeißeln und je eine zunächst den Körper als Achsenstab durchziehende und erst am Hinterende frei werdende Schwanzgeißel entspringen (Fig. 29). Die Achsenstäbe werden bei der Bewegung häufig überkreuzt (Fig. 29). Kurz hinter den Basalkörpern liegen, durch je einen Rhizoplasten mit ihnen verbunden, zu beiden Seiten der Achsenstäbe die beiden kleinen Kerne. Sie bestehen nur aus einem etwas langgestreckten Karyosom, das von einer undeutlichen Kernsaftzone umgeben ist (Fig. 29).

Die *Octomitus*-Formen vermehren sich sehr lebhaft durch Längsteilung, deren Stadien öfters in den Präparaten anzutreffen sind; doch sind die Details dieses Vorganges wegen der Kleinheit des Objektes schwer zu ermitteln.

Die ***Lamblia***-Form trifft man mehr in den mittleren und hinteren Teilen des Dünndarmes. Ihre Gestalt ist ziemlich kompliziert. Man kann eine abgeflachte Bauchseite von einer stark gewölbten Rückenseite unterscheiden (Fig. 30 b). Erstere ist am breiten Vorderende napfartig vertieft, wodurch ein sogenanntes Peristom entsteht, mit dem die Tiere gewöhnlich auf dem Dünndarmepithel festsitzen. Von

der Rücken- oder Bauchseite gesehen, ist die Gestalt birnförmig, vorn breit, hinten stark zugespitzt mit deutlich konkaver Einbuchtung des Hinterendes.

Die Geißeln weisen eine ganz andere Anordnung als bei *Octomitus* auf und durch ihre Anordnung wird hauptsächlich die charakteristische Gestalt der *Lamblia* bedingt. Zunächst sind die Basalkörper vom Vorderende auf der Bauchseite mehr nach rückwärts verschoben (Fig. 30 a). Die Achsenstäbe mit ihren freien Schwanzgeißeln sind wie bei *Octomitus* angeordnet, nur verlaufen sie ganz auf der Bauchseite. Ein Paar der früheren Vordergeißeln von *Octomitus* ist mit den dazugehörigen Basalkörpern auf den Achsenstäben nach rückwärts verlagert und sie entspringen nun etwa in der Mitte des Körpers als nach rückwärts gerichtete Bauchgeißeln (Fig. 30 a u. b). Ein weiteres Geißelpaar ist gewissermaßen seitlich nach hinten umgeklappt und auf der Bauchseite des Tieres als Seitenrippen fest mit dem Körper verklebt. An der Stelle, wo die Zuspitzung des Hinterendes beginnt, werden sie als hintere Seitengeißeln frei (Fig. 30 a).

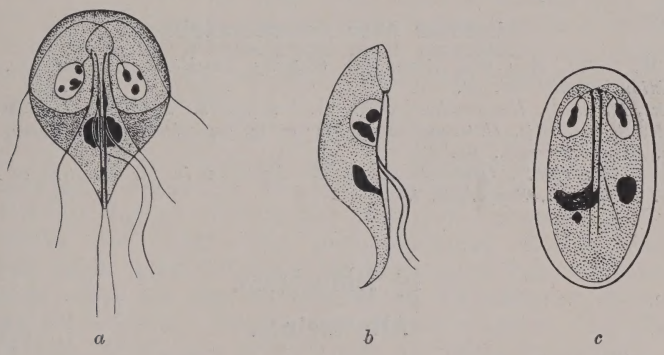


Fig. 30. **Lamblia muris** (Bensen). a Individuum von der Bauchseite, b von rechts, c Autogamiecyste. Vergr. 2500 : 1. Original.

Sie entspringen von einem besonderen Paar von Basalkörpern neben denen der Achsenstäbe oder Mittelrippen. Von diesen gehen zugleich die beiden noch übrigen Vordergeißeln ab, die nach dem Vorderrande des Tieres ziehen, sich überkreuzen und als mit dem Körper verbundene Fibrillen die vordere und seitliche Begrenzung des sogenannten Peristoms bilden. Seitlich gehen sie dann als freie vordere Seitengeißeln ab (Fig. 30 a). Die von *Octomitus* so verschiedene Gestalt der Lamblien wird mithin durch Wachstum, sowie die Verlagerung der Geißeln und ihre teilweise Verklebung mit dem Körper erreicht, und man kann in günstigen Fällen in den Präparaten Stadien dieser Umwandlung antreffen.

Mit den Basalkörpern der Seitengeißeln sind auch die beiden Kerne, resp. deren Karyosome häufig durch Rhizoplasten verbunden. Sie besitzen eine Kernmembran und eine große Kernsaftzone, in der meist ein feines Liningerüst und kleine Chromatinkörperchen sich finden. Der Hauptteil der chromatischen Substanz ist entweder in einem einheitlichen Karyosom angeordnet (Fig. 30 c) oder es haben sich von demselben große chromatische Nucleolen abgetrennt (Fig. 30 a u. b).

Außer den beiden Kernen findet sich noch kurz hinter der Ursprungsstelle der beiden Bauchgeißeln ein großer, klumpiger, manchmal aus einzelnen Balken zusammengesetzter Körper, der sich stark mit Chromatinfarbstoffen färbt und dessen Herkunft noch nicht aufgeklärt ist (Fig. 30a u. b). Da er später in den Befruchtungscysten zerfällt und resorbiert wird, dürfte er wohl den von den Entamöben (S. 28) her bekannten Chromidialkörpern (Reservestoffkörpern) entsprechen.

Die Lamblien zeigen niemals eine Vermehrung im Flagellatenzustand. Dagegen encystieren sie sich im hinteren Teile des Dünndarmes unter Verlust der Geißeln. Die charakteristischen ovalen Cysten finden sich dann auch im Blind- und Enddarm sowie im Kot (Fig. 30c). Bei der *Lamblia muris* encystiert sich stets nur ein Individuum im Gegensatz zu der *Lamblia intestinalis* des Menschen, wo bei der Encystierung 2 Individuen kopulieren sollen. Dafür spielt sich vielleicht bei unserer Form ein autogamer Befruchtungsvorgang in der Cyste ab, der jedoch sehr schwer zu verfolgen ist und noch nicht sichergestellt ist. Mit Sicherheit sind nur Kernvermehrungen beobachtet.

Literatur über Protomonadinen.

Bensen, W. *(1908), Bau und Arten der Gattung Lamblia. In: Zeitschr. f. Hyg. u. Infektionskrankh., Bd. 61.*

Kuczynski, M. *(1914), Untersuchungen an Trichomonaden. In: Arch. Protistenk., Bd. 33.*

Prowazek, S. v. *(1904), Untersuchungen über einige parasitische Flagellaten. In: Arb. Kais. Gesundheitsamt., Bd. 21.*

Wenyon, C. M. *(1907), Observations on the Protozoa in the intestine of Mice. In: Arch. Protistenk., Suppl.-Bd. 1.*

b) Binucleata.

Allgemeines.

Als Binucleata fassen wir eine Gruppe von verhältnismäßig einfachen, mit gewissen Protomonadinen nahe verwandten Flagellaten zusammen, die mit einer oder zwei Geißeln ausgestattet sind, wovon eine meist den ganzen Körper entlang ziehen kann, den Randfaden einer undulierenden Membran bildend. Das Hauptcharakteristikum der Ordnung besteht jedoch in der Art der Inserierung der einen resp. der beiden Geißeln, deren Basalkörper im Gegensatz zu verwandten Protomonadinen stets mit einem besonderen lokomotorischen Kern, dem Blepharoplasten oder Kinetonucleus, in Verbindung stehen (mit oder ohne Rhizoplasten). Der Blepharoplast ist in der Regel kleiner als der eigentliche Hauptkern oder vegetative Kern.

Die hierher gehörigen Formen bilden auch biologisch eine einheitliche Gruppe, indem sie fast sämtlich in Wirbeltieren schmarotzende Blutparasiten mit Generations- und Wirtswechsel sind, wobei die zweite Generation in blutsaugenden Tieren (Insekten, Zecken, Blutegel) lebt. Nur wenige Formen haben keinen Wirtswechsel und sind dann entweder ausschließliche Parasiten der Insekten oder Blutparasiten der Wirbeltiere. Durch neuere entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen hat sich herausgestellt, daß auch ein Teil der epi- und endoglobulären Blutparasiten, die bisher als Haemosporidia eine besondere Ordnung der Sporozoen gebildet haben, wohl hierher gehören. Sie haben zwar in Anpassung an die intracelluläre Lebensweise den

Flagellatencharakter größtenteils eingebüßt, zeigen ihn jedoch noch in gewissen Entwicklungsstadien und weisen vor allem das hervorstechendste Merkmal der Binucleaten, den lokomotorischen Kern oder Blepharoplasten, mehr oder minder deutlich während der Entwicklung auf. (Diese Auffassung der Hämosporidien wird neuerdings wieder in Zweifel gezogen, da eine Gruppe, die Hämogregarinen, sich als echte Coccidien herausgestellt haben. Für die übrigen Gruppen, speziell die Plasmodiden und Halteridien, hat aber die hier vorgetragene Auffassung immer noch die größere Berechtigung.)

Die Gestalt der Flagellatenformen der Binucleaten ist meist länglich, sichelförmig. Die wichtigsten formgebenden und die Bewegung bestimmenden Elemente (Zentralfasern, Randfaden der undulierenden Membran) werden wir im speziellen Kurs an *Trypanosoma lewisi* und *Haemoproteus noctuae* näher kennen lernen. Unter dem Periplast, der oberflächlichen Protoplasmahaut, findet sich das alveolär gebaute Protoplasma, bei dem eine Trennung in Ekto- und Entoplasma fehlt. Der Hauptkern ist bläschenförmig mit deutlichem Karyosom. Bei der Teilung lassen sich meist eine Äquatorialplatte und Centriole nachweisen. Die Kernnatur des lokomotorischen Kernes oder Blepharoplasten ergibt sich bei Feuchtpräparaten; er besteht aus einem kompakten Karyosom mit sehr schmaler, gegen das Plasma oft nicht scharf abgegrenzter Kernsaftzone.

Die Fortpflanzung ist entweder eine Längsteilung oder eine multiple Vermehrung, die auf fortgesetzte Längsteilung zurückzuführen ist. Besonders bei den Hämosporidien finden sich verschiedene Grade der Ausbildung der multiplen Vermehrung (Schizogonie), wohl die Folge der endoglobulären Lebensweise. Die Befruchtung fehlt wahrscheinlich bei den freien Serumformen (Trypanosomen etc.), bei den endoglobulären (Piroplasmen, Plasmodiden etc.) ist sie anisogam, meist sogar extrem oogam. Im Darm des zweiten Wirtes pflegt die Befruchtung vor sich zu gehen. Darauf folgt in allen, bis jetzt bekannten Fällen ein geißelloses, gregarinenähnliches, bewegliches Stadium, der sogenannte Ookinet. Dieser kann sich bisweilen, wohl mehr in Anpassung an die Lebensbedingungen im zweiten Wirt als infolge der Befruchtung, durch eine besondere multiple Vermehrung, die sogenannte Sporogonie, fortpflanzen. Durch den Stich oder Biß des infizierten blutsaugenden Tieres erfolgt eine Neuinfektion des Wirbeltieres.

Der ganze Entwicklungskreis ist bei den einzelnen Gattungen der Binucleaten durch geringere oder stärkere Ausbildung der Anisogamie und Ausbildung verschiedener multipler Teilungsvorgänge (Schizogonie und Sporogonie) zwar ein sehr verschiedener, doch läßt sich die Ausbildung der Oogamie einerseits, der verschiedenen multiplen Vermehrungsweisen andererseits Schritt für Schritt bei den einzelnen Formen verfolgen, und es ergeben sich so aus dem Vergleich der ganzen Entwicklungszyklen phylogenetische Reihen, die klar die nahen Verwandtschaftsverhältnisse der einzelnen Gattungen erweisen.

Die Binucleata enthalten eine große Anzahl für Menschen und Tiere pathogener Gattungen und Arten. Die wichtigsten darunter gehören den Gattungen *Trypanosoma, Babesia* und *Plasmodium* an.

Technische Bemerkungen.

Material: Zu diesem Kurs brauchen wir Wasserwanzen, *Nepa cinerea* mit natürlicher Infektion von *Leptomonas* (*Herpetomonas*) *jaculum*, mit *Trypanosoma lewisi* (ev. auch *brucei*) infizierte Ratten, Eulen oder japanische Reisvögel mit *Haemoproteus* und babesiakranke Hunde; womöglich verschaffe man sich auch Deckglasausstriche von menschlichen Malariaparasiten und mit *Proteosoma* infizierte Spatzen oder Kanarienvögel.

Infizierte graue Ratten finden sich vielfach in der Natur. Am einfachsten ist es, einen einmal gefundenen Stamm stets auf weiße Ratten überzuimpfen. Man entnimmt der chloroformierten Ratte das Blut mit der Pravazschen Spritze direkt aus dem Herzen, mischt es mit wenig physiologischer Kochsalzlösung und spritzt uninfizierten weißen Ratten 3—5 ccm subkutan oder intraperitoneal ein. Die Dauer der künstlichen Infektion schwankt bei grauen und weißen Ratten zwischen 3 Wochen und 6 Monaten. In der Regel werden keine Krankheitserscheinungen beobachtet. Auch in künstlichen Kulturen (Näheres siehe weiter unten) kann man *Trypanosoma lewisi* weiterzüchten und wieder auf eine Ratte weiterimpfen.

Als Vertreter der endoglobulären Hämosporidien untersuchen wir *Haemoproteus noctuae*, einen Parasiten des Steinkauzes, der zugleich theoretisch von größter Bedeutung ist. Die meisten eingefangenen Steinkäuze finden sich infiziert, man kann sich dieses Material daher leicht verschaffen. Auch von diesem Parasiten gelingen künstliche Kulturen, dagegen ist die Überimpfung von Vogel zu Vogel, sowie eine Rückimpfung aus der Kultur nicht möglich.

Natürliche *Proteosoma*-Infektion bei Spatzen, Finken etc. findet man nur selten (2%); es empfiehlt sich daher, einen einmal gefundenen Stamm auf Kanarienvögel weiterzuimpfen. Man entblutet den Spatzen oder sonstigen Vogel in physiologischer Kochsalzlösung und spritzt etwa 1 ccm in den Brustmuskel der Kanarienvögel. Nach ca. 8 bis 10 Tagen finden sich dieselben meist gut infiziert.

Zum Studium der Piroplasmen (Babesien) ist die beim Hunde vorkommende Form am geeignetsten; sie läßt sich leicht von Hund auf Hund übertragen. Impfung ähnlich wie bei *Trypanosoma* subkutan, aber mit großen Mengen (etwa 15—20 ccm).

Ferner brauchen wir den zweiten Wirt des jeweiligen Parasiten, das ist für *Trypanosoma lewisi* die Rattenlaus *Haematopinus spinulosus*, die sich immer auf grauen Ratten findet, sowie Ratten- resp. Hundeflöhe, für *Haemoproteus Culex pipiens*, die gemeine Stechmücke, und für *Plasmodium Anopheles*, eine ebenfalls bei uns vorkommende Mücke. Die Zecke *Haemophysalis*, die vermutliche Überträgerin der Hunde-*Babesia*, kommt bei uns nicht vor und ist schwer zu beschaffen.

Zur Herstellung von Präparaten entnimmt man das Blut bei der Ratte an der Schwanzspitze, beim Steinkauz und Kanarienvogel an der Armschwinge und beim Hunde am Ohrläppchen. Bei den Wasserwanzen schneidet man den Thorax und die Abdominalspitze ab, zieht den Darm mit einer Pinzette heraus, zerschneidet ihn in Stücke, zerzupft den Darminhalt in Tröpfchen von physiologischer Kochsalzlösung und fertigt davon Präparate zur Lebenduntersuchung und Deckglasausstriche.

Die Lebenduntersuchung geschieht entweder im hängenden Tropfen, den man mit physiologischer Kochsalzlösung etwas verdünnen kann, oder (besser) man bringt einen Tropfen Blut auf einen Objektträger, legt leicht und ohne Druck ein Deckglas auf und umrandet sofort mit Vaseline oder Wachs. Für Dauerpräparate macht man dünne Ausstriche auf Deckgläser oder Objektträger. Man entnimmt mit der Kante eines Deckgläschens (oder geschliffenen Objektträgers) ein Tröpfchen Blut, setzt die Kante auf ein zweites Deckglas (Objektträger) auf, damit sich der Tropfen längs der Kante ausbreite, und fährt dann, die ausgebreitete Blutschicht hinter dem Deckglas herziehend (nicht vor ihm herschiebend), über das zweite Deckglas hin.

Die Blutparasiten sind so ziemlich die einzigen Protozoen, die ein Antrocknen vertragen und somit die bequeme Methode der Verwendung von Trockenpräparaten ermöglichen (S. 15).

Die einfachste und beste Färbung für alle Blutparasiten zu diagnostischen Zwecken und zur Auffindung von Entwicklungsformen ist die Färbung von Trockenpräparaten nach Giemsa (s. S. 15). Bei einer gelungenen Färbung muß das Plasma der Parasiten blau, die Kerne und der lokomotorische Apparat rot, die Erythrocyten gelbrot sein (vgl. Fig. 32). In den weitaus meisten Fällen genügen diese Methoden, nur für besonders große, wasserreiche Formen (z. B. *Trypanosoma theileri*), für die Formen im Überträger und für feinere Details (Kernstudien) muß man zur feuchten Fixierung (Sublimatalkohol oder Hermannsche Flüssigkeit) und Eisenhämatoxylin nach Breinl-Rosenbusch oder der feuchten Giemsa-Färbung greifen. (Anwend. s. S. 14.)

Kultur. *Trypanosoma lewisi* und *Haemoproteus noctuae* lassen sich auch auf künstlichen Nährböden züchten und zwar im Kondenswasser von Kaninchenblutagar. Man setzt das defibrinierte Kaninchenblut zu gleichen Teilen den bei 50° gehaltenen, verflüssigten Agarröhrchen direkt zu und legt sie schräg hin. Die erstarrten Röhrchen werden mit Gummikappen versehen und auf 24 Stunden in 37° gebracht, wo sich reichlich Kondenswasser bildet und nicht-sterile Röhrchen erkennbar werden.

Zur Impfung entnimmt man das Blut der chloroformierten Ratte (resp. Steinkauz) mit der Pravazschen Spritze direkt aus dem Herzen und mischt es mit wenig Kochsalzlösung. Die Röhrchen werden hierauf mit 3 Ösen resp. 3 Tropfen aus steriler Pipette geimpft. Nach etwa 3 Tagen zeigen sich in den Kulturen Rosetten von Flagellaten, die sich rasch vermehren. Die Kulturen sind meist etwa einen Monat lang infektionsfähig.

Spezieller Kurs.

Leptomonas (Herpetomonas) jaculum (Léger).

Die im Blute der Wirbeltiere lebenden Flagellaten der Gattung *Trypanosoma* stammen wohl von Darmflagellaten wirbelloser Tiere ab, die den Gattungen *Leptomonas* (*Herpetomonas*) und *Chrithidia* angehören. Da die Charaktere dieser beiden Gattungen zeitweilig auch bei den Angehörigen der Gattung *Trypanosoma* im Überträger und in künstlicher Kultur sich finden, wollen wir auch einen Vertreter dieser Gattungen kennen lernen, und zwar wählen wir dazu die im Darm der Wasserwanze, *Nepa cinerea*, lebende Form *Leptomonas* (*Herpetomonas*) *jaculum*. In der Umgebung von Berlin finden sich fast alle Nepen infiziert.

Die Flagellaten besitzen einen schlanken, ziemlich starren Körper und eine lebhaft schwingende, direkt vom Vorderende entspringende Geißel ohne Spur einer undulierenden Membran. Im gefärbten Präparat erkennt man etwa in der Mitte des Körpers den Hauptkern, der in feucht hergestellten Präparaten ein großes Karyosom und einen gering ausgebildeten Außenkern aufweist (Fig. 31 a—c). Ganz in der Nähe des Vorderendes liegt der 2. Kern, der Kinetonucleus, von dem ein Rhizoplast zu dem meist an der Körperoberfläche liegenden Basalkorn zieht. Von letzterem entspringt direkt die Geißel. Diese Kern- und Geißelverhältnisse sind charakteristisch für die Gattung *Leptomonas*.

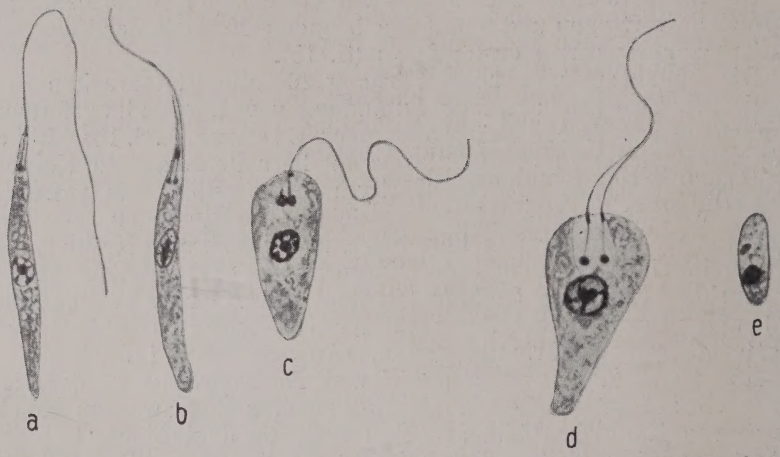


Fig. 31. **Leptomonas (Herpetomonas) jaculum** (Léger). a u. c eingeißlige Formen, b u. d Formen mit Neubildung der 2. Geißel, e Cyste. a, b, c u. e nach Eisen-Hämatoxylin-Präparat, d nach Giemsa Trockenpräparat. Vergr. ca. 2600. Nach Berliner.

Bei dem größten Teil der Individuen bemerkt man eine 2. im Entstehen begriffene Tochtergeißel, die der alten Geißel fest anliegt und offenbar mit ihr verklebt ist, da sie deren Bewegungen vollkommen mitmacht (Fig. 31 b, d). Auch Geißelkern und Rhizoplast ist bei diesen Formen verdoppelt, während der Hauptkern noch ganz in Ruhe ist. Die Verdoppelung des Geißelapparats vollzieht sich in der Weise, daß zuerst sich der Geißelkern teilt, noch während der Teilung einen Rhizoplasten und ein 2. Basalkorn bildet, von dem aus dann die 2. Geißel auswächst. Durch die vorzeitige (bei manchen Arten geschieht es direkt bei oder kurz nach der Zellteilung) Teilung und Neubildung des Geißelapparates entstehen die sog. *Herpetomonas*-Formen, die durch eine scheinbar einheitliche, aber in Wirklichkeit aus 2 verklebten Geißelfibrillen bestehende Geißel ausgezeichnet sind.

Bei unserer Form spalten sich die verklebten Geißeln bei Beginn der Zellteilung, einer typischen Längsteilung, die nach der Hauptkernteilung einsetzt.

Im Enddarm und im Kot der Nepen, den die Tiere in kleinen Tröpfchen nach oben spritzen, finden sich kleine, sehr derbwandige Cysten mit kompaktem Hauptkern und Geißelkern, aber ohne Basalkorn und Geißel (Fig. 31 d). Sie dienen offenbar der Neuinfektion.

Die Gattung *Chrithidia* unterscheidet sich dadurch von *Leptomonas*, daß die Geißel nicht direkt als freie Geißel am Vorderende entspringt, sondern von der Körperseite (die Insertionsstelle kann bis zur Mitte des Tieres nach rückwärts verschoben sein), wodurch eine kurze undulierende Membran entsteht. Im Gegensatz zur Gattung *Trypanosoma* liegt der Geißelkern auch hier stets vor dem Hauptkern. Vielfach können die Chrithidien durch Verlagerung des Geißelkernes und ganzen Geißelapparates auch *Leptomonas*-Form annehmen, was der Unterscheidung der Gattungen Schwierigkeiten bereitet.

Trypanosoma lewisi (Kent).

Trypanosoma lewisi findet sich im Blut einer infizierten Ratte besonders am Anfang der Infektion in großer Menge und ist im Leben, wie im gefärbten Präparat leicht zu erkennen. Aussehen und Größe sind sehr variabel zu verschiedenen Zeiten. Die Größe kann zwischen 7—30 μ schwanken. Die Breite des abgeplatteten Körpers beträgt 1,5 bis 3 μ. Die Gestalt ist im allgemeinen lanzettlich und nach einer Seite ausgebogen. Das Hinterende ist bei unserer Form im Gegensatz zu *Trypanosoma brucei* und anderen Arten meist schnabelförmig zugespitzt (Fig. 32).

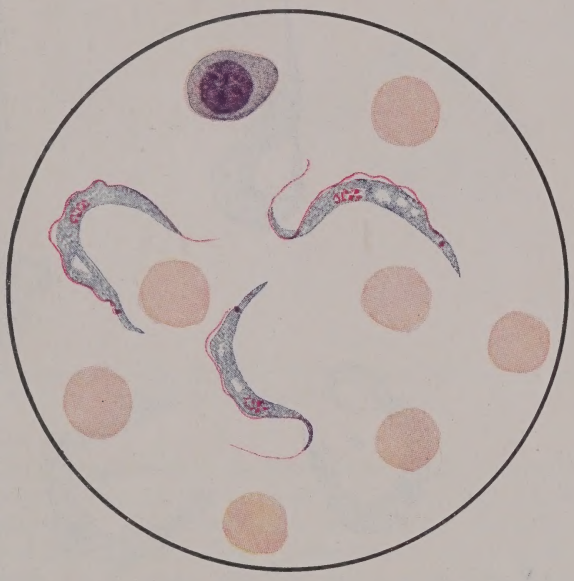


Fig. 32. **Trypanosoma lewisi** (Kent). Übersichtsbild aus infizierter Ratte. Färbung nach Giemsa. Rechts oben Lymphocyt. Vergr. 1200 : 1. Original.

Auf der konvexen Seite verläuft die undulierende Membran, deren nach Giemsa sich rot färbender Randfaden von einem Basalkorn neben dem im hinteren Körperende liegenden Blepharoplasten oder Geißelkern entspringt und sich nach vorn in die freie Geißel fortsetzt. Dieser Geißelapparat, eine Geißel am Vorderende, die aber als Randfaden einer undulierenden Membran den Körper entlang bis in die Nähe des Hinterendes zieht, sowie die Doppelkernigkeit, ein Hauptkern und ein lokomotorischer Kern, von welch letzterem aus der Geißelapparat entspringt, bilden das Hauptkriterium der Gattung *Trypanosoma*. Der Randfaden der undulierenden Membran, resp. die Geißel färbt sich nach Giemsa wie die chromatische Substanz des Kernes intensiv rot. Es handelt sich bei diesen Bildungen um Kernderivate, wie wir später noch sehen werden. Der Periplast, die oberflächliche verdickte Plasmahaut, färbt sich (allerdings nur bei längerer Färbedauer) gleichfalls nach Giemsa rot. Der Randfaden

der undulierenden Membran, sowie der Periplast sind die formbestimmenden Elemente des Trypanosomenkörpers, dessen typische Bewegung sie ebenfalls bedingen. Wir unterscheiden zweierlei Arten von Bewegung, einmal metabolische Körperkontraktionen, andererseits die Wellenbewegung der undulierenden Membran, die in der Nähe der Geißelwurzel beginnt und nach vorn in die Geißelbewegung ausklingt.

Das Protoplasma erscheint im Leben leicht grünlich, im Giemsa-Präparat blau oder leicht violett (Fig. 32). Eine Differenzierung in Ekto- und Entoplasma fehlt. Es ist fein alveolär gebaut und enthält in den Wabenwänden feine Granulationen oder undeutliche Verdichtungen. Häufig findet man eine oder mehrere Vakuolen.

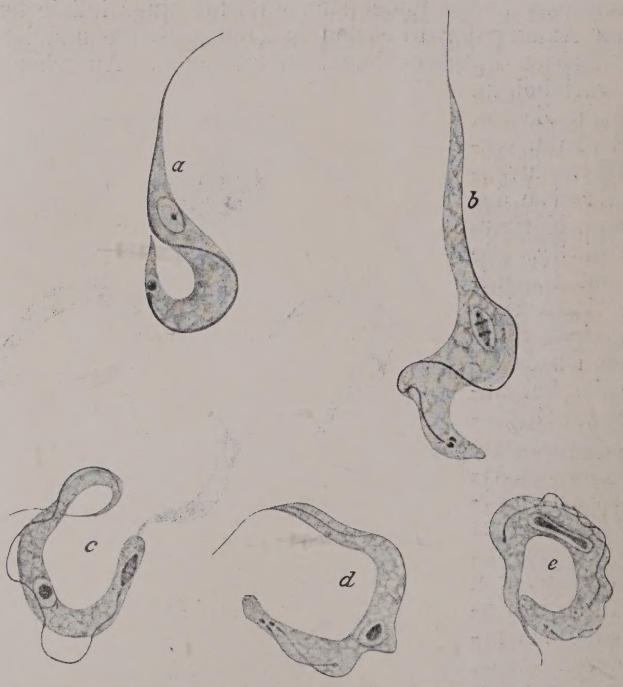


Fig. 33. **Trypanosoma lewisi** (Kent) (a u. b) und **Tryp. brucei** (Plimm. et Bradf.) (c—e). a vegetative Form, b Mitose des Hauptkernes (Tochterplatten), c Mitose des Kinetonucleus, d Bildung der neuen Geißel durch Zentrodesmose des Basalkornes, e späteres Stadium der Geißelbildung und letztes (scheinbar amitotisches) Stadium der Hauptkernteilung. Nach feucht fixiertem und mit Eisenhäm. gefärbtem Präparat. Vergr. ca. 2600 : 1. Nach Rosenbusch.

Der Hauptkern liegt bei unserer Form im Gegensatz zu *Trypanosoma brucei* und *gambiense* meist an der Grenze des ersten und zweiten Körperdrittels (Fig. 32). Er ist oval und am lebenden Tiere als helle Stelle erkennbar. Im nach Breinl-Rosenbusch gefärbten Präparat zeigt er eine feine Kernmembran und ein kleineres oder größeres Karyosom, das meist von einem fein alveolär gebauten Liningerüst mit oder ohne Chromatinkörnchen umgeben ist (Fig. 33 a). Manchmal findet sich neben dem Binnenkörper ein kleineres Korn, das aus ihm herausgetretene Cytozentrum.

Der lokomotorische Kern oder Kinetonucleus (Blepharoplast), liegt seitlich neben dem Basalkorn der Saumgeißel, durch eine homogene Plasmaschicht von ihm getrennt. Im Leben erscheint er als grünlich schimmerndes glänzendes Korn, im Giemsa-Präparat ist er einheitlich gefärbt, aber mehr blaurot als der Kern (Fig. 32), im Präparat nach Breinl-Rosenbusch erkennt man noch eine ihn umgebende schmale Kernsaftzone. Charakteristisch für *Trypanosoma lewisi* im Gegensatz zu anderen Arten ist die längliche Form des Blepharoplasten, sowie seine meist etwas windschiefe Stellung in der Zelle (Fig. 32).

Fig. 34.

Fig. 35.

Fig. 34 u. 35. **Trypanosoma lewisi** (Kent). Verschiedene Stadien der multiplen Teilung. Giemsa trocken. Aus Hartmann-Schilling.

Die Vermehrung der Trypanosomen im Rattenblut ist eine doppelte, einmal eine Längsteilung und dann eine multiple Teilung. Erstere findet im peripheren Blut statt. Dabei teilt sich zunächst der Geißelkern und der Hauptkern, und zwar in der Regel ersterer zuerst (Fig. 33c). (Doch können sich beide Kerne auch zugleich teilen oder der Hauptkern in der Teilung voranschreiten.) Bei der Teilung des Hauptkernes geht aus dem Karyosom eine vollständige Spindel mit Centrosomen und Äquatorialplatte nach Art der *Limax*-Amöben hervor (Fig. 33b). Falls das Teilungsorganell jedoch im Ruhekern neben dem Binnenkörper im Außenkern liegt, bildet dieses die Zentralspindel und der Binnenkörper wird aufgelöst. In späteren Stadien erscheint die Hauptkernteilung scheinbar amitotisch mit hantelförmiger Teilung des Karyosoms (Fig. 33e). Die Teilung des Geißelkernes vollzieht sich promitotisch, wobei eventuell das geteilte Basalkorn die Rolle als Teilungszentrum übernimmt (ähnlich der Kernteilung von *Bodo* und *Trichomonas*). Die Geißel bleibt mit dem einen Basalkorn in Zusammenhang, das andere teilt sich parallel zur alten Geißel hantelförmig (Fig. 33d). Dadurch daß die Centrodesmose dieser Basalkornteilung stark in die

Länge wächst, entsteht eine zweite neue Geißel (Fig. 33 e). Die Geißeln rücken auf die gegenüberliegenden Seiten, und die Zelle teilt sich nun der Länge nach am Vorderende beginnend (vgl. Fig. 42).

Bei dem zweiten Vermehrungsvorgang, der mehr zu Anfang der Infektion in den inneren Organen (Lymphdrüsen) vor sich geht, rückt der Geißelkern in der Regel vor den Kern, und durch fortgesetzte Kernteilungen und entsprechende Neubildung von Geißeln entstehen Rosetten- oder Sternfiguren, bei denen erst nachträglich die Zellteilung erfolgt (Fig. 34 u. 35). Es finden sich jedoch die verschiedenen Übergänge von einer einfachen Längsteilung bis zur eben beschriebenen multiplen Teilung. Die verschiedenen Stadien der Vermehrung kann man leicht im lebenden wie im gefärbten Präparat zu Gesicht bekommen.

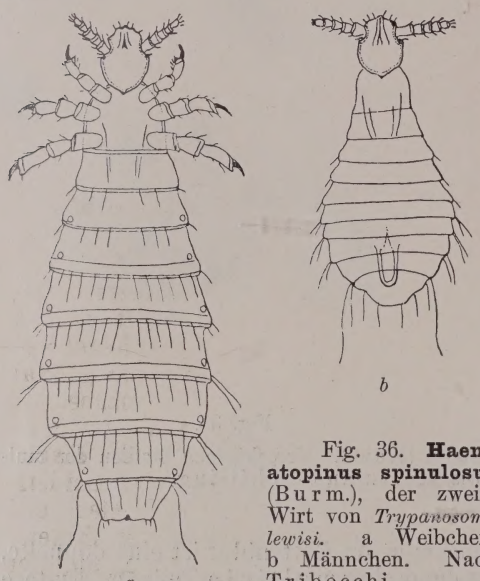


Fig. 36. **Haematopinus spinulosus** (Burm.), der zweite Wirt von *Trypanosoma lewisi*. a Weibchen, b Männchen. Nach Tribocchi.

Schon im Rattenkörper tritt das *Trypanosoma lewisi* in mannigfachen Formen auf, die teils durch die äußeren Lebensbedingungen (längere oder kürzere Infektion etc) bedingt sind.

Die natürliche Übertragung des *Trypanosoma lewisi* geschieht durch die Rattenlaus, *Haematopinus spinulosus* (Burm.), die in Fig. 36 abgebildet ist, oder durch Flöhe. Das Verhalten der Trypanosomen und der Modus der Infektion ist bei beiden Zwischenwirten verschieden. Die Laus findet sich im Frühjahr und Sommer meist recht zahlreich auf den Wanderratten, im Winter spärlich (15—20 Stück). Um Läuse zu infizieren, setzt man eine Anzahl solcher von vorher untersuchten, nicht infizierten, grauen Ratten 24 Stunden an frisch infizierte Ratten, bringt sie dann wieder auf uninfizierte Ratten oder Mäuse und untersucht sie zu verschiedenen Zeiten. Die Verdauung einer Blutmahlzeit dauert bei 25° C etwa 16 Stunden. Die Untersuchung der platten und durchsichtigen Läuse auf Trypanosomen kann entweder direkt geschehen oder man präpariert mit zwei spitzen Nadeln den Darmtraktus, zerzupft ihn in einem kleinen Tröpfchen Kochsalzlösung und fertigt davon Präparate.

Im Magen der Laus treten in den ersten Tagen teils große, plumpe, teils schlanke, feine Formen mit langgestrecktem Kern auf, die als weibliche und männliche Geschlechtsformen (Gameten) gedeutet wurden, während neuerdings von anderer Seite die schlanke Formen für Degenerationsformen angesprochen werden. Es sind zwar Bilder beobachtet worden, die als Kopulation der vermeintlichen Gameten gedeutet werden können (Fig. 37 d), bei der Seltenheit derartiger Stadien ist aber eine Befruchtung noch nicht sichergestellt, und nach Er-

fahrungen an anderen Trypanosomen erscheint die neuere Auffassung gegenwärtig als die wahrscheinlichere.

Später findet im Körper der Laus eine reichliche Vermehrung der Trypanosomen durch Längsteilung statt, und die daraus hervorgehenden

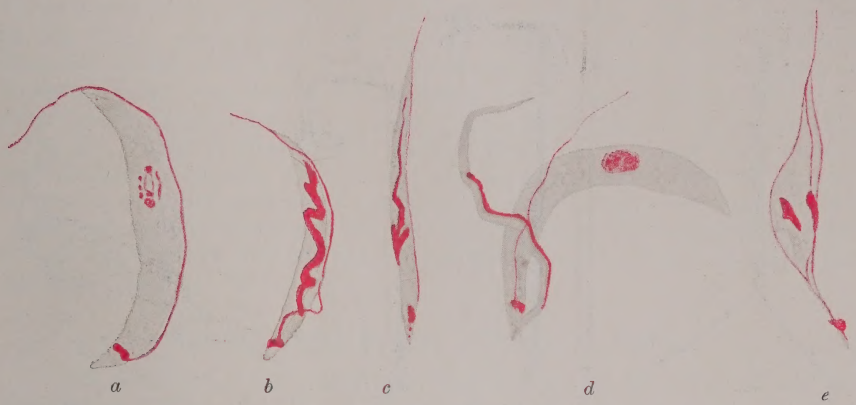


Fig. 37. **Trypanosoma lewisi** (Kent). a sog. weibliche Formen, b u. c als Mikrogameten (Degenerationsformen) gedeutete Stadien, d u. e als Befruchtung gedeutete Stadien. Vergr. ca. 2500 : 1. Nach v. Prowazek.

Flagellatenformen bekommt man häufig zu Gesicht. Sie unterscheiden sich von denen im Rattenblut durch die schlankere Gestalt und die Lage des Geißelkernes, der in der Regel vor den Hauptkern rückt (*Crithidia*-Form, Fig. 38 a). Ähnliche Formen nehmen die Trypanosomen auch in den künstlichen Kulturen an (Fig. 38 b).

Im Körper der Laus wechseln die Flagellatenstadien mit Ruheformen ab. Bei letzteren kontrahiert sich das Plasma stark und färbt sich ganz dunkelblau. Der Kinetonucleus rückt ins Innere der Zelle, und der Geißelapparat wird bis auf einen kleinen Fortsatz rückgebildet, mit dem sich diese Formen zwischen die Epithelzellen einbohren. Auch kann die Geißel gänzlich verloren gehen (Fig. 39 a—c).

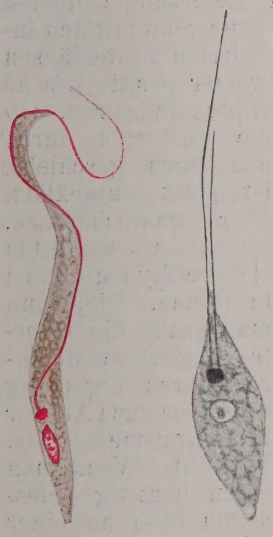


Fig. 38.

Fig. 39.

Fig. 38. **Trypanosoma lewisi** (Kent). a aus dem Darmkanal von *Haematopinus*, b aus Kultur im Beginn der Teilung, c aus der Leibeshöhle von *Haematopinus*. Vergr. ca. 2500 : 1. a nach v. Prowazek, b nach Rosenbusch, c Original.

Fig. 39. **Trypanosoma lewisi** (Kent). Ruhestadien aus dem Darmkanal von *Haematopinus*. b mit rückgebildetem Geißelapparat, a u. c mit gänzlicher Rückbildung des Geißelapparates. Vergr. ca. 2500 : 1. Nach v. Prowazek.

Durch rasche Teilungen werden die *Crithidia*-Formen immer kleiner und treten nach etwa 6 Tagen nach der Infektion in die Leibeshöhle

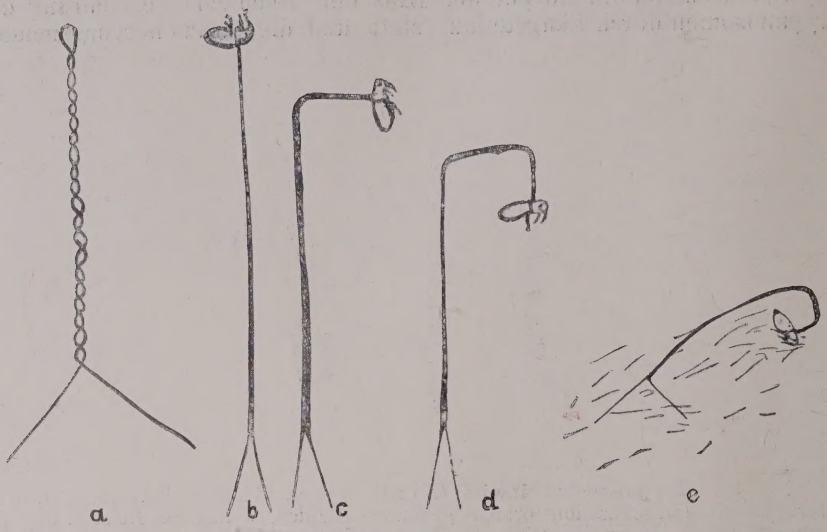


Fig. 40. Fesselung der Flöhe für Infektionsversuche. a Schlinge von Silberdraht von 0,15 mm Dicke, b Festklemmen des Flohes hinter dem 1. Beinpaar in der Schlinge, c—e Umbiegen der Drahtschlinge. Nach Nöller.

über (Fig. 39c). Die kleinen Stadien aus der Leibeshöhle dienen offenbar der Neuinfektion. Erst nach 6—10 Tagen kann man mit den infizierten Rattenläusen wieder positiv frische Ratten infizieren. Ob die Infektion durch den Stich geschieht, ist nicht aufgeklärt, aber wahrscheinlich.

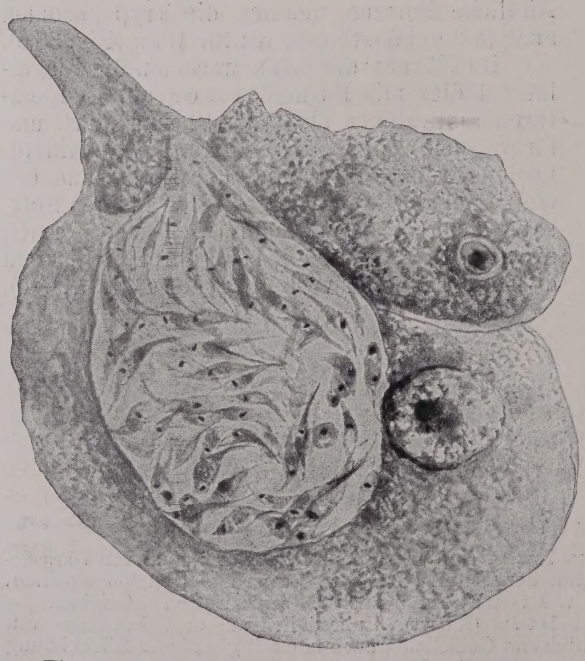


Fig. 41. Epithelzelle aus dem Ventriculus des Hundeflohes mit intracellulärer Vermehrung von *Trypanosoma lewisi*. Vergr. ca. 2600. Nach Nöller.

Anders verhalten sich die Trypanosomen in Flöhen. Hier kann man exakt die Übertragungsweise studieren durch Fesselung der Flöhe nach Art der Flohzirkusmethode (s. Fig. 40). Wenn man einen derartig gefesselten Floh an einer infizierten Ratte saugen läßt, findet man in der Regel schon wenige Stunden (5—6 Std.) danach, daß Trypanosomen mit dem Hinterende voran in Epithelzellen des Ventriculus eindringen und

sich dort durch fortgesetzte Längsteilung vermehren (Fig. 41). Schon beim ersten Saugakt wird der ganze Darmkanal des Flohes vom Oesophagus bis zum Anus mit Trypanosomen überschwemmt. Wenn sich die Trypanosomen nun im Dünndarm oder Rectum festzuheften vermögen, kommt es zu einer Dauerinfektion der Flöhe. Die Formen weisen vorwiegend Chrithidiacharakter auf. Eine Infektion frischer Ratten ist in der Regel erst vom 4.—5. Tage an möglich. Die Ratten erwerben dieselbe durch Ablecken trypanosomenhaltiger Faeces von infizierten Flöhen. Wenn man das Faeceströpfchen der Flöhe am Schluß des Saugaktes auffängt und mit einem Spatel einer Ratte auf die Zunge streicht, wird die Ratte infiziert. Die uninfektiöse Periode beim Floh kommt nur dadurch zustande, daß die Entwicklung der festgehefteten Trypanosomen so weit fortgeschritten sein muß, daß sie infolge der massenhaften Ansammlung ein Hindernis für den durchströmenden Darminhalt bilden (4.—5. Tag), sodaß sie bei der Faecesentleerung in großen Mengen losgerissen werden.

Trypanosoma brucei (Plimm. et Bradf.).

Um zu zeigen, auf welche morphologische Verhältnisse es bei der manchmal recht schwierigen Unterscheidung der einzelnen Trypanosomenarten ankommt (neben dem spezifischen Vorkommen und der Nichtüberimpfbarkeit auf manche Tierarten), sei hier noch ganz kurz das *Trypanosoma brucei* besprochen, der Erreger der Tsetsekrankheit in Afrika, der sich bei fast allen größeren Säugetieren daselbst findet und auf eine große Anzahl weiterer Tiere künstlich übertragbar ist.

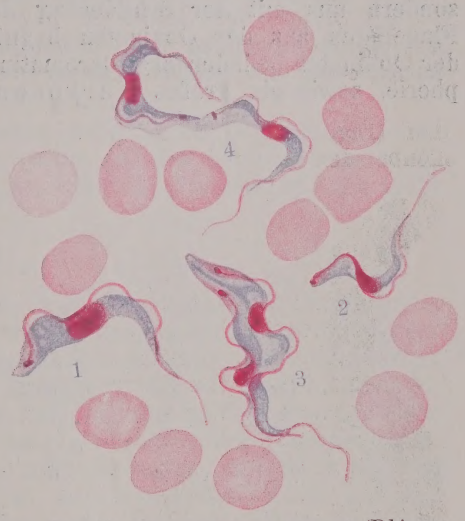


Fig. 42. **Trypanosoma brucei** (Plimm. et Bradf.). 1 u. 2 vegetatives Individuum, 3 u. 4 Längsteilung. Trocken-Giemsa. Aus Hartmann-Schilling.

Morphologisch unterscheidet sich diese Form von *Trypanosoma lewisi* einmal durch das mehr abgerundete Hinterende, ferner ist der Randfaden der undulierenden Membran viel länger und demgemäß letztere stärker gewunden (Fig. 42 *1* u. *2*). Die Bewegung besteht hauptsächlich in heftigen Schlängelungen ohne ausgiebige Ortsveränderung. Der Hauptkern liegt stets ungefähr in der Mitte des Körpers, der Kinetonucleus ist kleiner als bei *Trypanosoma lewisi* und kugelig (Fig. 42). Die Vermehrung ist stets eine einfache Längsteilung, wobei der Geißelkern am Hinterende liegen bleibt (Fig. 42 *3* u. *4*).

Haemoproteus noctuae (Celli et Sanfelice).

Im Blute fast jeden Steinkauzes findet sich ein teilweise intracellulärer Parasit, der für die Auffassung der Blutparasiten von grund-

legender Bedeutung ist. Ehe wir uns den Formen und der Entwicklung der Parasiten im Vogelblute zuwenden, wollen wir des besseren Verständnisses wegen zunächst die Entwicklung der Flagellatenstadien aus den befruchteten Ookineten beschreiben. Diese Vorgänge vollziehen sich unter normalen Umständen nur im Darm von *Culex pipiens,* des zweiten Wirtes. Die Infektionsversuche mit Stechmücken erfordern allerdings in der Regel sehr viel Zeit und Geduld, so daß sie sich für einen kurzen Kurs nicht eignen und wir uns daher mit der bloßen Beschreibung begnügen.

Die Entwicklung der Flagellatenstadien aus den Ookineten im *Culex*-Darm und mithin die Zugehörigkeit dieser Trypanosomenstadien zu den endoglobulären Vogelblutparasiten ist zwar vielfach bestritten, aber bisher nicht widerlegt, vielmehr auch durch neue Experimente bestätigt.

Die Entwicklung der Ookineten im Körper der Mücke.

Unter den Ookineten lassen sich nach den Plasma- und Kernverhältnissen drei Formen unterscheiden, die sich bei der weiteren Entwicklung sehr verschieden verhalten sollen und als indifferente, männliche und weibliche gedeutet wurden. Wir wollen auf diese Verhältnisse hier nicht näher eingehen, sondern uns mit der Schilderung der Entwicklung der Flagellaten aus den Ookineten begnügen. In dem Kern der Ookineten befinden sich Chromatinbrocken an der Peripherie, sowie ein großes Karyosom in der Mitte. Im

Fig. 43. **Haemoproteus noctuae** (Celli et Sanfelice). Entwicklung der indifferenten Trypanosomenformen im Mitteldarm von *Culex*. Nach Schaudinn.

Zentrum des Karyosoms liegt ein Centriol (Fig. 43 a). Bei allen Ookineten wird im weiteren Verlauf am hinteren Ende ein Teil des Plasmas mit dem Pigment und den Reduktionskernen (Näheres darüber später) abgeschnürt. Der Kern teilt sich durch eine heteropole Mitose, wobei durch die Centriolteilung eine Centrodesmose gebildet wird. Die eine Spindelhälfte ist kleiner und enthält mehr Plastinsubstanz (Fig. 43 c). Das Produkt der Teilang ist ein großer Kern, der Haupt-

kern, und ein dichterer kleinerer Kern, der Kinetonucleus oder Geißelkern, der mehr Plastin enthält, was bei der Giemsafärbung durch den violetten Ton zutage tritt. Beide Kerne sind durch die Centrodesmose dauernd verbunden. Der Blepharoplast teilt sich nun wiederum durch eine weniger ausgeprägte heteropole Mitose, wobei der kleinere Kern (das Basalkorn) an die Peripherie des Zellleibes zu liegen kommt (Fig. 43e).

Wie der Hauptkern mit dem Blepharoplast, so steht der kleinere Kern mit diesem durch eine Centrodesmose dauernd in Verbindung. Der dritte, kleinste Kern teilt sich nun wiederum heteropol, aber nun in der Längsachse des Tieres (Fig. 43f). Diese dritte Spindelfigur wird direkt zum lokomotorischen Apparat der Zelle, indem die Centrodesmose an den Rand rückt, sich lang auszieht und dadurch zum Randfaden der undulierenden Membran wird.

Die Vermehrung der indifferenten Flagellaten erfolgt wie bei anderen Trypanosomen stets durch Längsteilung. Auch bei *Haemoproteus* wechseln in der Stechmücke Bewegungs- mit Ruheperioden ab. Während der letzteren bohrt sich der Parasit mit seiner Geißel, die oft bis auf einen kurzen stabförmigen Fortsatz rückgebildet wird, in eine Darmepithelzelle ein. Auch die Ruheformen können sich durch Längsteilung vermehren.

Wie bei *Trypanosoma lewisi* stimmen auch bei *Haemoproteus* die Flagellatenformen aus dem Darm des zweiten Wirtes mit den Formen aus künstlicher Kultur (s. S. 51) überein.

Auf die interessanten Beziehungen zwischen der Biologie der Parasiten und der Biologie der Mücke, sowie auf den komplizierten Weg, den der Parasit im Körper der Mücke einschlägt, wollen wir hier nicht näher eingehen.

Die Formen im Vogelblut.

Die Infektion des Steinkauzes geschieht durch indifferente Trypanosomenformen, die durch den Stich einer infizierten Mücke eingeführt werden. Die agame Vermehrung im Vogelblut ist beim Eulenhalteridium noch nicht aufgeklärt. Sie soll nach einer endoglobulären Wachstumsperiode durch Längsteilung im Flagellatenstadium vor sich gehen; doch ist die Zusammengehörigkeit der Trypanosomenformen im Blut mit *Haemoproteus* nicht erwiesen und nach neueren Erfahrungen unwahrscheinlich. (Bei der verwandten Form aus der Taube ist dagegen eine große Schizogonie im Innern von hypertrophierten Lungenendothelien nachgewiesen). In der Eule findet man im Blut verschiedene Wachstumsstadien in den Erythrocyten, die sich stets zu Geschlechtsformen differenzieren. Sie sind leicht an der hantelähnlichen Gestalt (*Halteridium*-Form) zu erkennen, der Kern des befallenen Blutkörperchens bleibt dabei in seiner Lage ungestört. Diese beiden Eigentümlichkeiten unterscheiden unseren Parasiten von dem gleichfalls im Vogelblut vorkommenden mehr kugeligen und den Kern des Blutkörperchens auf die Seite drängenden *Proteosoma*, mit dem er die Ablagerung von gelbbraunem Pigment gemein hat. Aber auch an diesen geißellosen endoglobulären Formen können wir uns von der Trypanosomennatur des *Haemoproteus* noch dadurch überzeugen, daß neben dem Kern der lokomotorische Kern oder Kinetonucleus als charakteristisches Zeichen eines doppelkernigen Flagellaten fast stets zu beobachten ist.

Wie schon erwähnt, werden diese endoglobulären Stadien zu Geschlechtsformen, den weiblichen Makrogametocyten und den männlichen Mikrogametocyten. Die Makrogametocyten (Fig. 45 a) sind ausgezeichnet durch ein dunkles reservestoffreiches Protoplasma und kleinen Kern und Geißelkern. Am sichersten kann man sich davon bei schon größeren Individuen überzeugen. Außerdem scheint die weibliche Form in den Erythrocyten zu liegen und bewirkt dadurch, sowie durch das längere Verbleiben in dem Blutkörperchen eine größere Zerstörung desselben, so daß der Kern oft ganz an den Rand gedrückt wird.

Nach einiger Zeit hört die Bildung von indifferenten Individuen völlig auf, und es bleiben nur noch Geschlechtsformen im Vogelblut zurück. Die männlichen Formen sind wenig beständig und gehen rasch zugrunde. Der Vogel beherbergt dann nur noch erwachsene weibliche Formen. Nach längerer oder kürzerer Pause sind diese Makrogametocyten imstande, sich durch Parthenogenese fortzupflanzen; dadurch entstehen die Rezidive beim Vogel. Hierbei spielen sich an den Kernen komplizierte Veränderungen ab; es werden wie bei der noch zu beschreibenden Reifung Reduktionskerne gebildet, die aber teilweise wieder mit dem Gametenkern kopulieren, wodurch eine Art Selbstbefruchtung und im Anschluß daran eine das Rezidiv auslösende agame Vermehrung zustande kommt (Fig. 44).

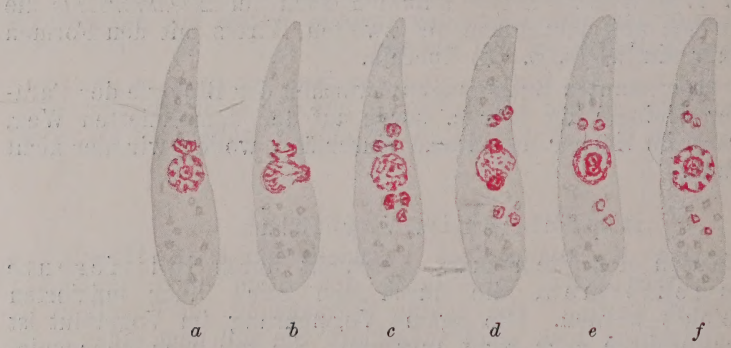


Fig. 44. **Haemoproteus noctuae** (Celli et Sanfelice). Parthenogenese einer weiblichen Form im Gregarinenzustand. Nach Schaudinn.

Die Mikrogametocyten (Fig. 45 b) weisen im Gegensatz zu den weiblichen und indifferenten Formen ein sehr helles und hinfälliges Protoplasma und einen großen Kern auf, auch hier bei erwachsenen Formen am besten erkenntlich. Schon frühzeitig werden 8 Doppelkerne (aus je einem Hauptkern und Blepharoplast bestehend) gebildet, die aber innerhalb der ursprünglichen Kernmembran vereinigt bleiben, so daß ein ungemein großer, scheinbar einheitlicher Kern vorgetäuscht wird. Die Mikrogametocyten gehen im Blute schon als solche zugrunde, ohne zur Ausbildung der Mikrogameten zu gelangen.

Reifung und Befruchtung.

Die Reifung und Befruchtung von *Haemoproteus* geht normalerweise im Magen einer Stechmücke vor sich, die Vogelblut mit erwachsenen Geschlechtsformen in sich aufgenommen hat. Nur infolge der umwälzenden Veränderung in den äußeren Lebensbedingungen voll-

zieht sich die Reifung der Makrogametocyten, der Zerfall der Mikrogametocyten in die Mikrogameten und die Befruchtung der reifen Makrogameten durch je einen Mikrogameten. Bei *Haemoproteus*-Arten gelingt es aber auch, diese Vorgänge im hängenden Tropfen zu beobachten, wenn man ein kleines Tröpfchen stark infizierten Blutes mit einem Tropfen Serum + 0,6 % Kochsalzlösung (1 Teil Serum auf 9 Teile Kochsalzlösung) mischt. Man bringt gleichzeitig eine Anzahl derartig beschickter Deckgläser in eine feuchte Kammer und fixiert in entsprechenden Zeitintervallen.

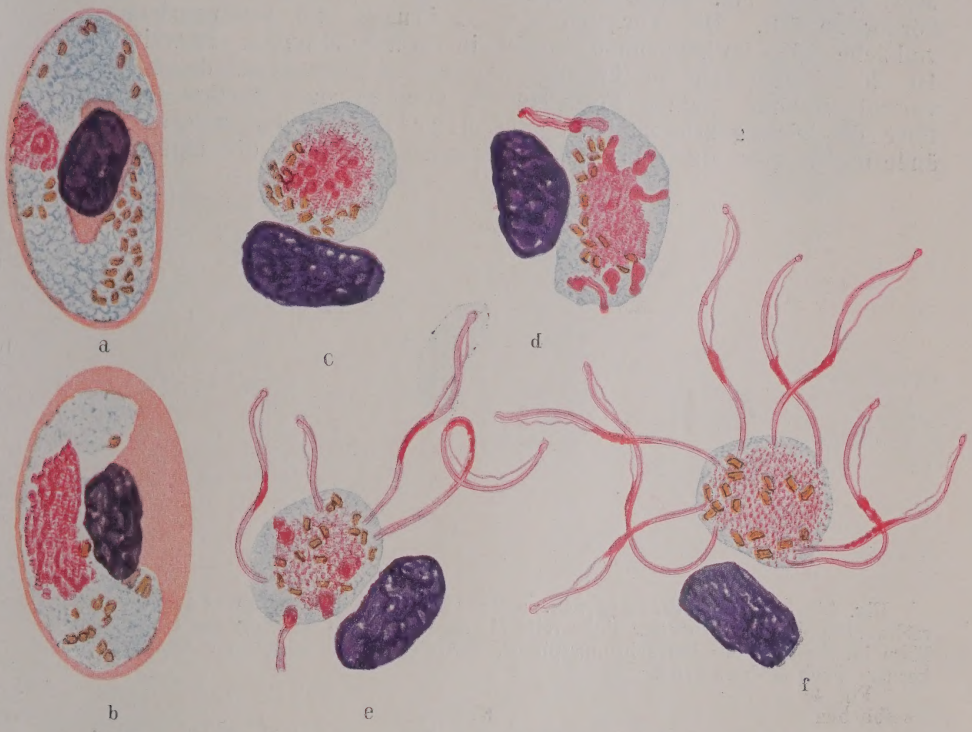
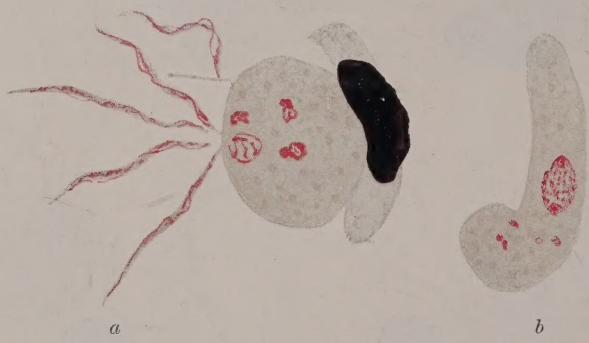


Fig. 45. **Haemoproteus noctuae** (Celli et Sanfelice). a Makrogametocyt, b Mikrogametocyt, c—f Bildung der Mikrogameten. Nach Schaudinn.

Zunächst runden sich Makro- wie Mikrogametocyten kugelig ab und sprengen dabei den als dünne Hülle sie umgebenden Erythrocyten, dessen Reste mit Kern dann daneben liegen (Fig. 45 c u. d). Die acht Doppelkerne des Mikrogametocyten rücken an die Oberfläche, jeder der 8 Blepharoplasten bildet einen Geißelapparat resp. Randsaum einer undulierenden Membran unter gleichzeitiger Vorwölbung von 8 Protoplasmakugeln, und es entstehen so an der Oberfläche 4 bis 8 (nicht alle gelangen zur Entwicklung) Mikrogameten, die den Bau eines sehr schlanken *Trypanosoma* besitzen. Es sind schmale, langgestreckte, spermatozoenartige Zellen mit undulierender Membran, einem den ganzen Körper durchziehenden Kernstab und einem gleichfalls langgestreckten Geißelkern (Fig. 45 e u. f). Gleichzeitig vollziehen sich am Makrogametocyten komplizierte Reduktionsteilungen, die

im Prinzip vollkommen mit den sogenannten Reifeteilungen der tierischen Eier übereinstimmen. Ein Unterschied gegenüber der Eireife der Metazoen besteht nur darin, daß hier zwei Kerne, der Haupt- oder vegetative Kern und der Blepharoplast oder lokomotorische Kern, die Reduktion erfahren. Das Endresultat sehen wir in Fig. 46 a, links der reduzierte Hauptkern und Blepharoplast, rechts zwei doppelte Reduktionskerne, aus vegetativem und lokomotorischem Teil bestehend, die allmählich resorbiert werden. Die ausgebildeten Mikrogameten umschwärmen nun die reifen Makrogameten, und es dringt je ein Mikrogamet in einen Makrogameten ein, wobei der Randfaden der undulierenden Membran körnig zerfällt. Die Vorgänge der Reifung und Befruchtung vollziehen sich im hängenden Tropfen in etwa 20 Minuten. In weiteren 10—20 Minuten geht der kugelige befruchtete Makrogamet durch Hervorwölben eines spitzen Fortsatzes in eine gregarinenartige Gestalt über, die leicht gekrümmt ist, den Ookineten. Mit den äußeren Veränderungen geht Hand in Hand im Innern der Zelle die eigentliche



a *b*

Fig. 46. **Haemoproteus noctuae.** a Makrogamet nach Beendigung der Reifung, rechts Rest des Erythrocyten, links reife Mikrogameten; b Bildung des Ookineten, Kern im Stadium der Befruchtungsspindel, darunter zugrunde gehende Reduktionskerne. Nach Schaudinn.

Karyogamie, indem zunächst die beiden vegetativen Kerne miteinander verschmelzen und eine langgestreckte spindelartige Gestalt annehmen, die sog. Befruchtungsspindel, die mit einer Teilungsspindel jedoch nichts zu tun hat (Fig. 46 b). An die Pole der Spindel rücken hierauf die beiden Blepharoplasten; unter allmählicher Abrundung des Kernes wandern sie in denselben hinein, um hier miteinander zu verschmelzen. Hieraus resultiert der fertige Ookinet, mit dem wir die Schilderung begonnen haben.

Der Ookinet bewegt sich gregarinenartig, d. h. er vollführt Kontraktions- und seitliche Knickbewegungen des Körpers, während die eigentliche Ortsveränderung in einem Gleiten ohne Körperbewegung besteht und wohl wie bei den Gregarinen auf das Ausscheiden eines erstarrenden Gallertfadens zurückzuführen ist.

Auch in künstlichen Kulturen findet man in den ersten 24 Stunden vereinzelte Ookineten. In den nächsten Tagen treten darin wie im Darm von *Culex* Flagellatenformen auf.

Leucocytozoon ziemanni (Laveran).

Neben *Haemoproteus noctuae* trifft man im Eulenblut hie und da Blutparasiten, die in merkwürdig spindelförmig gestalteten kernhaltigen Blutzellen liegen. Es sind die Geschlechtsformen von *Leucocytozoon ziemanni*, einem Parasiten, der eine ähnliche Entwicklung durchläuft wie *Haemoproteus* und auch durch *Culex* übertragen wird. Hier seien nur kurz wegen des gelegentlichen Antreffens die Geschlechtsformen geschildert.

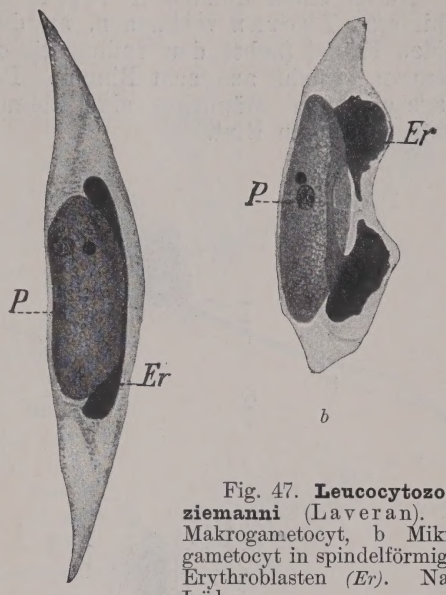


Fig. 47. **Leucocytozoon ziemanni** (Laveran). a Makrogametocyt, b Mikrogametocyt in spindelförmigen Erythroblasten *(Er)*. Nach Lühe.

Die Wirtszellen sind spindelförmig umgewandelte Erythroblasten *(Er)*, deren Kern ganz langgestreckt oder zerklüftet wird (Fig. 47). Die Parasiten sind lang-oval und zeigen deutlich Hauptkern und Geißelkern. Im Gegensatz zu *Haemoproteus* (sowie *Plasmodium* und *Proteosoma*) enthalten sie kein Pigment. Die Geschlechtsunterschiede sind dieselben wie bei *Haemoprotus* etc., d. h. die Makrogametocyten (Fig. 47 a) besitzen ein dunkel färbbares, stark reservestoffhaltiges Protoplasma, die Mikrogametocyten (Fig. 47 b) dagegen ein sehr helles und hinfälliges.

Anhang: *Culex* und *Anopheles*.

Obwohl in diesem Kurs wegen der Schwierigkeit und der Kürze der Zeit die Infektionsversuche mit Stechmücken *(Culex pipiens)* und das praktische Studium der in denselben ablaufenden Entwicklung von *Haemoproteus* keine Berücksichtigung erfahren haben, wollen wir uns doch wenigstens in der Präparation der Mücken üben und uns mit den wichtigsten Bauverhältnissen bekannt machen, zumal der anatomisch ähnlichen Gattung *Anopheles*, die ebenfalls mit in unsere Betrachtung gezogen wird, eine große Bedeutung für die menschliche Malaria zukommt.

Culex pipiens gehört in die Klasse der Dipteren oder Zweiflügler und zwar zur Familie der Culiciden oder Stechmücken. Das vollentwickelte Insekt (Imago) von *Culex* hat einen kleinen Kopf mit zwei großen Netzaugen; vorn sitzt der lange Stechrüssel, ein aus sechs Teilen bestehender Apparat, der in einer Scheide, der Unterlippe (Labium) steckt, die beim Stechen nicht in die Haut eindringt, sondern dabei spitzwinklig einknickt (Fig. 50). Zu beiden Seiten des Rüssels stehen die beiden Taster oder Palpen, die beim Weibchen sehr kurz,

beim Männchen dagegen lang (länger als die Fühler), nach oben aufgebogen und mit langen Borsten besetzt sind. Rechts und links stehen die gegliederten Fühler oder Antennen, beim Männchen stark gefiedert, beim Weibchen dagegen nur an jedem Gliedansatz einen Kranz kurzer Borsten aufweisend (Fig. 48 links).

Durch einen dünnen Halsteil ist der Kopf mit dem stark ausgebildeten Thorax verbunden, an dem die drei Paar Beine und die beiden Flügel (nebst den rudimentären Schwingen) sitzen. Das Abdomen besteht aus acht Ringen. Die durch die gefiederten Fühler ausgezeichneten Männchen sind kleiner als die Weibchen. Nur die letzteren saugen Blut.

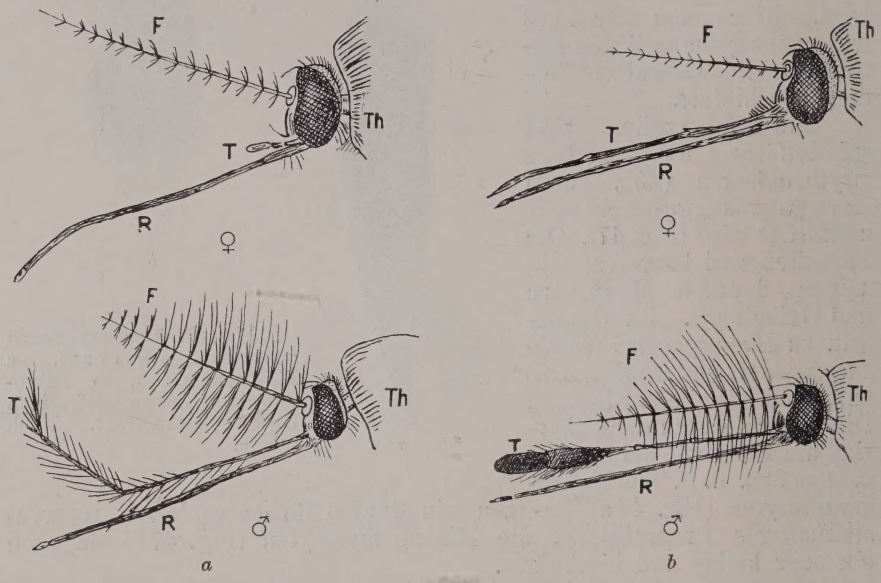


Fig. 48. a **Culex.** Kopfteile vom Weibchen (oben) und Männchen (unten) des *Culex pipiens*. b **Anopheles.** Kopfteile vom Weibchen (oben) und Männchen (unten) des *Anopheles*. — *F* linker Fühler (Antenne), *T* linker Taster (Palpe), *R* Rüssel, *Th* Thorax. Nach Eysell.

Hier seien gleich die unterscheidenden Merkmale der gleichfalls zu den Culiciden gehörigen Gattung *Anopheles* angefügt, deren verschiedene Arten als die einzigen Überträger der menschlichen Malaria in Betracht kommen.

Das wichtigste Merkmal besteht in der Verschiedenheit der Taster. Diese sind beim *Anopheles*-Weibchen länger (Fig. 48 b oben), nämlich genau wie beim Männchen ebenso lang wie der Stechrüssel, während das *Culex*-Weibchen, wie schon erwähnt, nur ganz kurze Taster besitzt. Ferner sind die Taster des *Anopheles*-Männchens an den Enden kolbig verdickt (und nicht länger als die Fühler), die des *Culex*-Männchens dagegen gleichmäßig dick, aufgebogen und mit Borsten besetzt (und länger als die Fühler). Vergl. Fig. 48.

Auch infolge einer biologischen Eigentümlichkeit lassen sich beide Gattungen im Leben leicht auseinanderhalten. Der *Culex* hält nämlich beim Sitzen an der Wand sein Abdomen parallel zu derselben, oder

gegen sie geneigt, der Leib des *Anopheles* steht dagegen unter einem Winkel von 45° bis 80° von der Wand ab. Außerdem bildet bei *Culex* Leib und Brust einen stumpfen Winkel, bei *Anopheles* aber eine gerade Linie, in deren Verlauf auch Kopf und Stechrüssel stehen (Fig. 49).

Der Bau der inneren Organe ist bei beiden Gattungen ziemlich gleich, so daß die Beschreibung der Anatomie von *Culex* zugleich auch für die medizinisch wichtigere Gattung *Anopheles* gelten kann. (Hierzu Fig. 50.)

Unter den inneren Organen interessieren uns vor allem der Darmtraktus und die Speicheldrüsen. Letztere sind paarige Organe und liegen im Prothorax. Jede besteht aus drei Lappen, einem kleineren mittleren und zwei größeren seitlichen. Sie münden in einen gemeinsamen Ausführungsgang im Hypopharynx (Fig. 50 *gl. sal.*).

An dem Darmtraktus unterscheidet man Vorder-, Mittel- und Hinterdarm. Der ektodermale (mit Chitin ausgekleidete) Vorderdarm beginnt mit der mit Sinnesorganen ausgestatteten Mundhöhle und setzt sich in den als Pumporgan dienenden Pharynx (*ph.*) weiter. Die Grenze

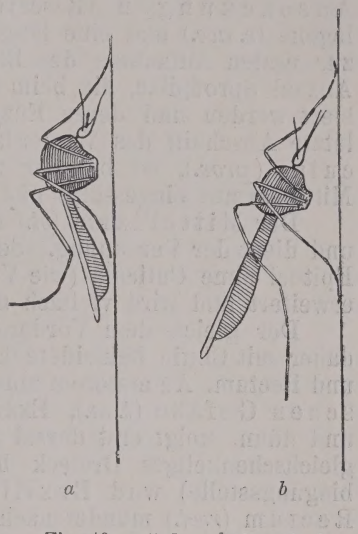


Fig. 49. a **Culex**, b **Anopheles**. Schematische Umrisse, um die charakteristische Stellung der beiden Gattungen an der senkrechten Wand zu zeigen. Nach Eysell.

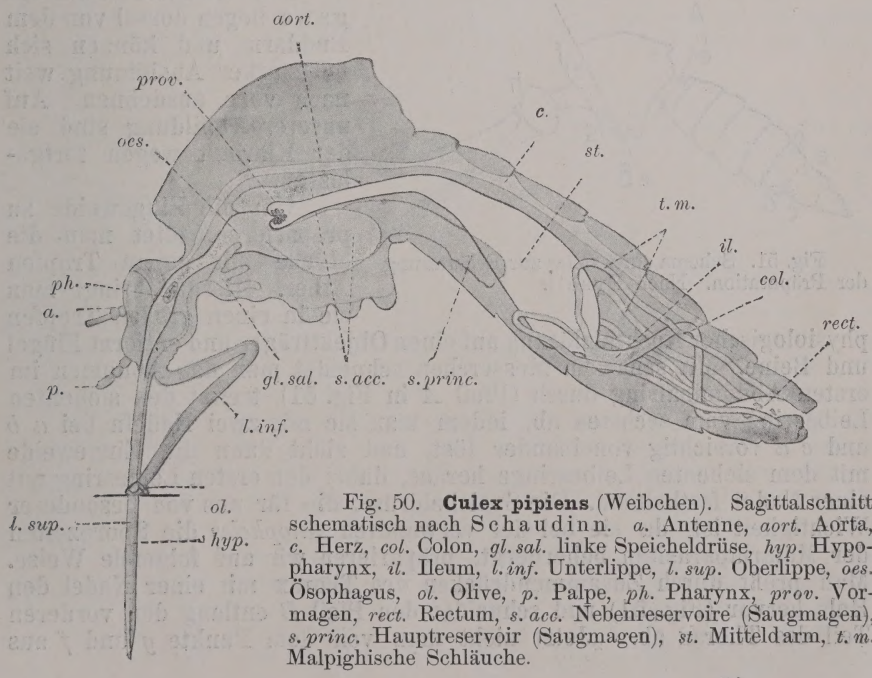


Fig. 50. **Culex pipiens** (Weibchen). Sagittalschnitt schematisch nach Schaudinn. *a.* Antenne, *aort.* Aorta, *c.* Herz, *col.* Colon, *gl.sal.* linke Speicheldrüse, *hyp.* Hypopharynx, *il.* Ileum, *l.inf.* Unterlippe, *l. sup.* Oberlippe, *oes.* Ösophagus, *ol.* Olive, *p.* Palpe, *ph.* Pharynx, *prov.* Vormagen, *rect.* Rectum, *s.acc.* Nebenreservoire (Saugmagen), *s.princ.* Hauptreservoir (Saugmagen), *st.* Mitteldarm, *t.m.* Malpighische Schläuche.

gegen den folgenden Teil des Vorderdarmes, den Ösophagus (*oes.*), wird durch die Pharynxklappe, eine ringförmige, mit starker Ringmuskulatur ausgestattete Einschnürung, gekennzeichnet. In den im hinteren Teile stark erweiterten Ösophagus münden drei große Aussackungen (Reservoire), zwei paarige, seitlich dorsal gelegene (*s. acc.*) und eine längere unpaare ventral (*s. princ.*). Sie dienen zur ersten Aufnahme des Blutes und beherbergen in der Regel eine Anzahl Sproßpilze, die beim Stich mit in die Haut des Menschen entleert werden und deren Enzyme die Quaddelbildung erzeugen. Der letzte Abschnitt des Vorderdarmes, der Vormagen oder Proventriculus (*prov.*), ist bei der nüchternen Mücke in den Vorderteil des Mitteldarmes eingestülpt und dann vielfach gefaltet.

Der Mitteldarm (*st.*) ist der entodermale Teil des Darmkanales und dient der Verdauung. Seine Wandungen besitzen ein einschichtiges Epithel ohne Cuticula (wie Vorder- und Enddarm), der hintere Teil ist erweitert und wird vielfach als Magen bezeichnet.

Der gleich dem Vorderdarm aus Ektoderm hervorgegangene und daher mit Chitin bekleidete Enddarm besteht aus Ileum (*il.*), Colon und Rectum. An ersterem münden gleich zu Beginn die fünf Malpighischen Gefäße (*t. m.*), Exkretionsorgane. Das Colon (*col.*) ist lang und dünn, steigt erst dorsal auf und dann wieder ventral abwärts, ein gleichschenkeliges Dreieck bildend. Die Spitze des Winkels (Umbiegungsstelle) wird Basilische Kurvatur genannt. Das erweiterte Rectum (*rect.*) mündet nach außen.

Das Herz (*c.*) bildet einen dorsal vom Darm gelegenen Schlauch, der, an der Basilischen Kurvatur beginnend, durch das Abdomen sich erstreckt und im Thorax in die dünne Aorta (*aort.*) ausläuft, die bis in den Halsteil sich verfolgen läßt.

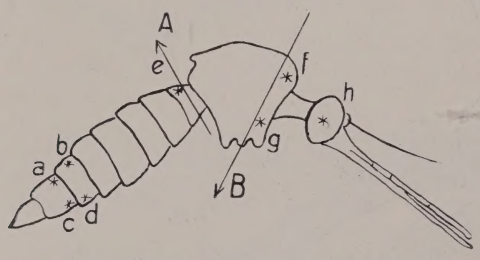


Fig. 51. Schema eines *Culex* zur Erläuterung der Präparation. Nach Eysell.

Die Geschlechtsorgane liegen dorsal von dem Enddarm und können sich bei starker Ausbildung weit nach vorn ausdehnen. Auf unserer Abbildung sind sie der Klarheit wegen fortgelassen.

Um die Eingeweide zu präparieren, tötet man die Mücke mit einem Tropfen Äther. Hierauf bringt man sie in einen großen Tropfen physiologischer Kochsalzlösung auf einen Objektträger und entfernt Flügel und Beine. Mit scharfem Messerchen schneidet man das Abdomen im ersten Abdominalring durch (Pfeil *A* in Fig. 51), trennt den siebenten Leibesring vom sechsten ab, indem man sie mit zwei Nadeln bei *a b* und *c d* vorsichtig voneinander löst, und zieht dann die Eingeweide mit dem siebenten Leibesringe heraus, dabei den ersten Leibesring mit einer Nadel festhaltend. Die Speicheldrüse, die für uns von besonderer Wichtigkeit ist, da sie bei der verwandten *Anopheles* die Sporozoiten der Malariaparasiten beherbergt, präparieren wir auf folgende Weise. Man preßt durch Zusammendrücken des Thorax mit einer Nadel den Hals hervor (Fig. 51) und schneidet den Pfeil *B* entlang den vorderen Teil des Thorax ab. „Jetzt zieht man von dem Punkte *g* und *f* aus

das Bruststück bis zu seinem Ansatz am Kopfe auseinander, fixiert diesen durch eine im Punkte *h* eingestochene Nadel und streicht mit der Nadel die am Boden der Mundhöhle hängenden Speicheldrüsen ab.“ Am besten führt man die Präparation der Mücken auf einem schwarzen Untergrunde, die der Speicheldrüse unterm Mikroskop oder besser Präpariermikroskop aus.

Plasmodium vivax (Grassi et Fel.).

Frische menschliche Malaria wird man bei uns nur äußerst selten zu untersuchen Gelegenheit haben. Man muß sich daher in der Regel mit der Demonstration fertiger Präparate begnügen. Wir bringen deshalb hier nur eine kurze Schilderung des Zeugungskreises von *Plasmodium vivax,* dem Tertianparasiten des Menschen, und schließen daran die Unterschiede der beiden anderen menschlichen Formen an.

Die Plasmodien des Menschen sind von allen Blutparasiten diejenigen, die am engsten an die parasitische Lebensweise im Blute des Menschen einerseits und im Körper der Mücke (hier die Gattung *Anopheles*) andererseits angepaßt sind und infolge ihrer endoglobulären Lebensweise den Charakter der binucleaten Flagellaten am meisten eingebüßt haben. Nur in wenigen Stadien (Mikrogameten, ein Teil der Sporozoiten und Merozoiten) läßt sich die Geißel resp. undulierende Membran und die Doppelkernigkeit nachweisen (während letztere z. B. bei dem sonst völlig übereinstimmenden *Proteosoma* fast stets zutage tritt).

Der ganze Entwicklungskreis läßt sich in drei Etappen einteilen: 1) die agametische Vermehrungsperiode im Blute des Menschen, die Schizogonie; 2) die Entstehung der Geschlechtsformen im Blute und die Reifung und Befruchtung derselben im Mückenmagen; 3) die Wachstumsperiode und agametische Vermehrung nach der Kopulation in der Mücke, die Sporogonie.

1) Schizogonie. Die Infektion des Menschen geschieht durch den Stich einer infizierten Mücke, wodurch die Sporozoiten aus der Speicheldrüse in das Blut gelangen. Hier dringt ein Teil derselben aktiv in die Erythrocyten ein (Fig. 52, *2*), andere heften sich auf der Oberfläche der Erythrocyten an und sinken allmählich ein. Der Sporozoit rundet sich ab und wächst auf Kosten des Blutkörpers heran, wobei sich anfangs eine große Stoffwechselvakuole bildet (sog. Ringform, Fig. 52, *3* u. 53). Im nach Giemsa blau gefärbten Plasma hebt sich das Karyosom des Kernes deutlich rot ab, während das Liningerüst nur als schmale helle Zone zu erkennen ist. Nach etwa 6 Stunden treten infolge der Verdauung die charakteristischen hellbräunlichen Pigmentkörnchen auf. Weiterhin wird der Parasit beim Wachstum sehr amöboid beweglich, wobei das stark vermehrte Pigment lebhaft mitgeführt wird. Im Plasma des befallenen Erythrocyten treten, sobald der Tertianparasit etwa ein Drittel desselben eingenommen hat, bei starker Giemsa-Färbung eine Anzahl feiner rotgefärbter Tüpfelchen auf, was für den Tertianparasiten charakteristisch ist (sog. Schüffnersche Tüpfelung, Fig. 53). Am Schlusse des Wachstums (nach ca. 36 Std.) kugelt sich der Parasit ab und die Beweglichkeit hört auf. Das Blutkörperchen ist dabei meist bis auf das Doppelte vergrößert und abgeblaßt. Zu Beginn der multiplen Vermehrung, der Schizogonie, teilt sich der Kern, und zwar zuerst durch eine einfache Mitose, später mehr unregelmäßig, amitotisch, in 10—20 Tochterkerne (in der Regel ca. 16)

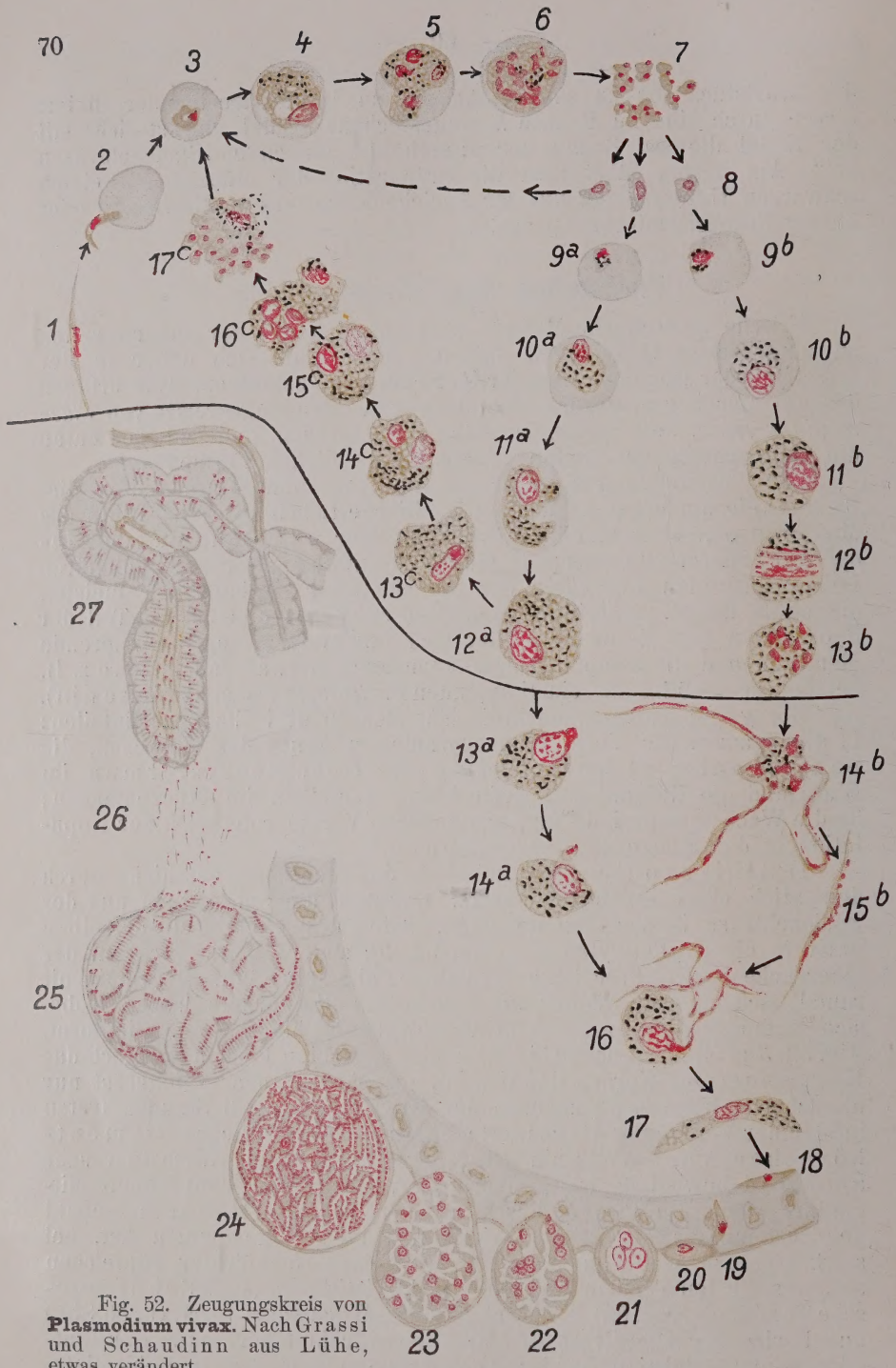


Fig. 52. Zeugungskreis von **Plasmodium vivax.** Nach Grassi und Schaudinn aus Lühe, etwas verändert.

Oberhalb des Striches Stadien im Blut des Menschen, unterhalb des Striches Stadien im Körper der Mücke. *1*—*7* Schizogonie, *1* Sporozoit, *2* Eindringen des Sporozoiten, *3* u. *4* Wachstum des Schizonten, *5* u. *6* Kernteilung des Schizonten, *7* Bildung des Merozoiten, *8* Merozoiten, *9a*—*12a* Wachstum des Makrogametocyten, *9b*—*12b* Wachstum des Mikrogametocyten, *13c*—*17c* Parthenogenese des Makrogametocyten, *13a* u. *14a* Reifung des Makrogameten, *13b* u. *14b* Bildung der Mikrogameten, *15b* Mikrogamet, *16* Befruchtung, *17* Ookinet, *18*—*20* Einwandern des Ookineten in die Magenwand, *20*—*25* Sporogonie, *22* u. *23* Kernvermehrung im Sporonten, *24* u. *25* Bildung der Sporozoiten, *26* Überwandern der Sporozoiten zur Speicheldrüse, *27* Speicheldrüse der Mücke mit Sporozoiten. (Vergr. 1—17 ca. 1200 : 1, 18—27 ca. 600 : 1.)

(Fig. 52, *5* und *6*). Diese verteilen sich auf der Oberfläche, umgeben sich mit einer Schicht von Protoplasma und der Schizont zerfällt (48 Stunden nach dem Eindringen in den Erythrocyten) in so viel Teile, als Kerne gebildet waren, während das Pigment mit einem kleinen Restkörper zurückbleibt (Fig. 52, *7*). Die Produkte dieser Vermehrung werden Merozoiten genannt. Sie dringen in derselben Weise wie die Sporozoiten in die Blutkörperchen ein und der soeben geschilderte Wachstums- und Vermehrungsvorgang wiederholt sich mehrmals in der gleichen Weise innerhalb je 48 Stunden. Nach einer Inkubationszeit von ca. 11 Tagen, wenn die Zahl der Parasiten eine gewisse Größe erreicht hat, fällt jedesmal mit dem Eindringen der Merozoiten ein Fieberanfall zusammen.

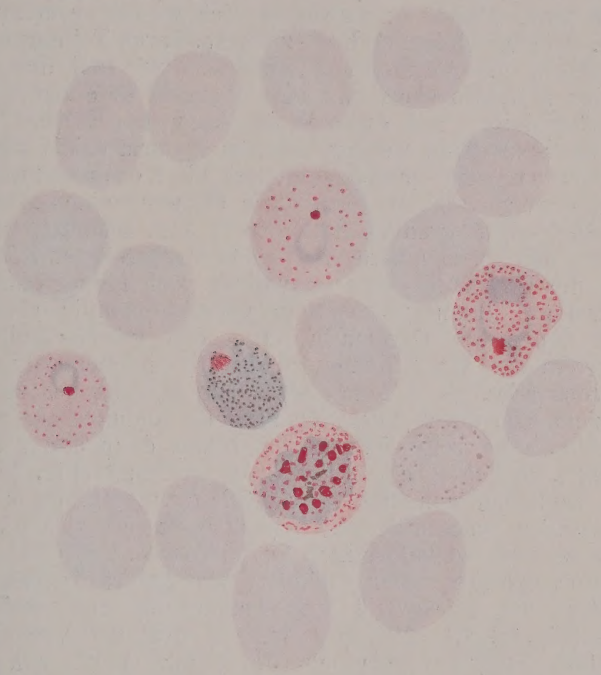


Fig. 53. Menschliches Blut mit Tertianschizonten. Trocken-Giemsa. Aus Hartmann-Schilling.

2) Geschlechtsgeneration. Schon frühzeitig wachsen neben den indifferenten Individuen (Schizonten) einzelne Merozoiten zu Geschlechtsformen heran, den männlichen Mikrogametocyten und den weiblichen Makrogametocyten. Dieselben brauchen zu ihrem Wachstum länger als die Schizonten, nämlich 94 Stunden. Dem langsameren Wachstum ist es wohl zuzuschreiben, daß die Stoffwechselvakuole (Ringform) in der Regel fehlt und daß mehr und größere Pigmentkörner gebildet werden. Die amöboide Beweglichkeit ist viel geringer als bei den Schizonten.

Der Makrogametocyt (Fig. 52, *9a—12a*) ist ausgezeichnet durch ein intensiv färbbares, stark mit Reservestoffen beladenes Protoplasma und einen verhältnismäßig kleinen Kern, der fast immer peripher liegt.

Er erreicht meist die doppelte Größe wie der Schizont. Die Mikrogametocyten (Fig. 52, *9b—12b*) haben ein sehr blasses und anscheinend sehr hinfälliges Protoplasma und einen verhältnismäßig großen Kern. Das Pigment ist beweglicher und noch reichlicher als beim Makrogametocyten und hat eine mehr grünliche Farbe. Die Größe ist bedeutend geringer als bei jenem und übertrifft selten die der Schizonten.

Die Schizonten (indifferenten Formen) und Mikrogametocyten verschwinden stets nach einiger Zeit aus dem Blut und es bleiben nur die Makrogametocyten erhalten. Letztere sind auch die einzigen Formen, die dem Chinin widerstehen. Infolge des starken Reservestoffgehaltes und der Widerstandsfähigkeit können sie monate-, ja jahrelang im Körper bleiben und wie bei *Haemoproteus* unter besonderen Umständen durch Parthenogenese sich wieder vermehren (Fig. 52, *12a—17c*). Hierbei bildet der Kern zunächst durch Teilung einen großen Reduktionskern, die Vermehrung geschieht wie bei den Schizonten, während der Reduktionskern mit dem Pigment in einem großen Restkörper zurückbleibt. Auf diese Weise kann der Körper wieder mit Parasiten überschwemmt werden und ein Malariarezidiv ausbrechen.

Die Reifung der Gametocyten und die Befruchtung vollzieht sich normalerweise nur im Mitteldarm (Magen) eines *Anopheles,* der gametenhaltiges Blut gesogen hat. Die in dem scheinbar einheitlichen großen Kern des Mikrogametocyten schon vorbereiteten 8 Tochterkerne rücken an die Oberfläche und es wölben sich kleine Höcker hervor. Plötzlich treten 4 - 8 langgestreckte trypanosomenähnliche Mikrogameten hervor, in denen das Chromatin durch den ganzen langgestreckten Körper verteilt ist. Das Pigment bleibt mit einem ansehnlichen Restkörper zurück (Fig. 52, *13b* und *14b*). Die Reifung des Makrogametocyten vollzieht sich durch Abschnürung eines Reduktionskernes (Fig. 52, *13a* und *14a*). Der reife Makrogamet bildet dann einen kleinen Empfängnishügel, in den je ein Mikrogamet eindringt (Fig. 52, *16*). Wie wir sehen, schließen sich diese Verhältnisse vollkommen an die schon von *Haemoproteus* bekannten an. Wie dort, streckt sich nun auch hier die Copula zu dem wurmförmigen Ookineten.

3) Sporogonie. Der Ookinet durchbohrt im Gegensatz zu *Haemoproteus* die Darmwand und gelangt in die Tunica elasticomuscularis (Fig. 52, *18—20*). Hier wird er oval und von einer cystenartigen Hülle (Oocyste) umgeben, die jedoch nicht von ihm selbst stammt, sondern einen Teil der Tunica elasticomuscularis darstellt. Innerhalb der elastischen Kapsel wächst der Parasit mächtig heran und vermehrt sich hierauf durch eine besondere multiple Teilung. Diese wird Sporogonie genannt, das zur Teilung schreitende Stadium Sporont. Das Wachstum des Sporonten geschieht in der Längsrichtung, wobei er sich unter gleichzeitiger Kernvermehrung stark aufknäuelt. Auf Schnitten erscheint er in einzelne hernhaltige Plasmaelemente (Sporoblastoiden) zerfallen, doch handelt es sich nur um Querschnitte durch den aufgeknäuelten und in die Länge gewachsenen Parasiten (Fig. 52, *21—23*). Bei der weiteren Kernvermehrung rücken die Kerne an die Oberfläche der scheinbar getrennten Plasmamassen, umgeben sich mit einer dünnen Protoplasmaschicht und so entsteht eine große Anzahl von kleinen Zellen, welche sich stark in die Länge strecken und sich als Sporozoiten von den unverbrauchten Plasmaresten loslösen. Die Zahl der Sporozoiten kann zwischen einigen Hundert bis über 10 000 schwanken. Die Sporogonie vollzieht sich unter günstigen

Umständen (Temperatur von 24—30° C) in 8—10 Tagen. Durch Bersten der sog. Oocyste gelangen die Sporozoiten in die Leibeshöhle der Mücke und sammeln sich später in den Speicheldrüsen an (Fig. 52, *27*). Mit dem Sekret der Speicheldrüse gelangen sie, wie eingangs erwähnt, in das Blut des Menschen.

Plasmodium malariae (March. et Celli).

Das *Plasmodium malariae* oder der Quartanparasit hat seinen Vulgärnamen von der Dauer der Schizogonie, die 72 Stunden in Anspruch nimmt, so daß jeden 4. Tag ein Fieberanfall eintritt. Die jüngsten Formen sind kaum von dem Tertianparasiten zu unterscheiden. Sie sind weniger amöboid, ihre Form ist daher mehr rundlich, auch fehlt häufig die Stoffwechselvakuole (Fig. 54 Mitte rechts). Das Wachstum geht viel langsamer vor sich als beim Tertianparasiten. Nach 24 Stunden füllt das *Plasmodium malariae* erst etwa den vierten Teil des befallenen Erythrocyten aus. Charakteristisch für die Art ist auch die sog. Bandform; dabei erstreckt sich der Parasit von einer Seite der Peripherie des Blutkörperchens bis zur gegenüberliegenden (Fig. 54, unten). Diese Form kann schon nach 36 Stunden auftreten. Das Kernchromatin lockert sich hier sehr frühzeitig auf und verteilt sich im Liningerüst, woraus große, schwächer färbbare Kerne resultieren. Die erste Kernteilung kann schon 24 Stunden vor dem Anfall (also 48 nach Eindringen des Parasiten in das Blutkörperchen) beginnen, die beiden Kerne bilden, ehe sie sich weiterteilen, aufgelockerte Ruhekerne, die gleichfalls für diese Form charakteristisch sind (Fig. 54). Die Zerfallteilung geht meist regelmäßiger vor sich, wodurch sich häufig das Bild einer Margaretenblume darbietet. Die Zahl der Merozoiten ist geringer als beim Tertianparasiten, sie beträgt 6 – 12. Der Erythrocyt wird nicht vergrößert, der erwachsene Schizont füllt ihn vollkommen aus (Fig. 54).

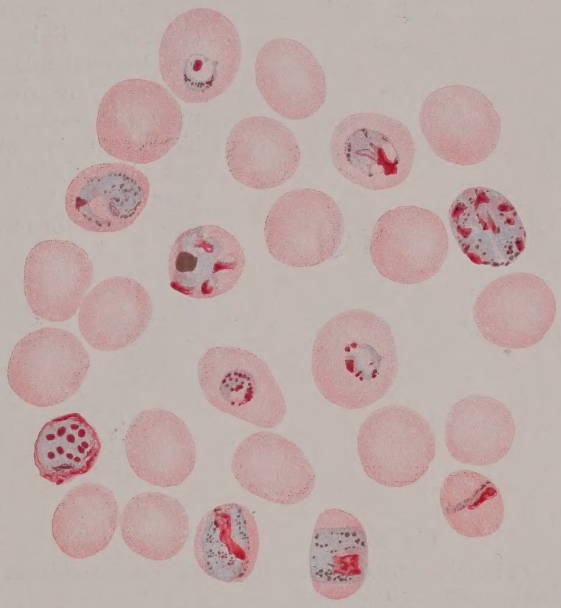


Fig. 54. Menschliches Blut mit Quartanschizonten. Färbung nach Giemsa. Aus Hartmann-Schilling.

Die Gametocyten sind gegenüber den Schizonten in ähnlicher Weise wie bei den Tertianparasiten ausgezeichnet, und es sei daher

auf die dortige Darstellung verwiesen. Bemerken wollen wir noch, daß bei den halberwachsenen Makrogametocyten die Bandform nicht vorkommt, und daß er im erwachsenen Zustande den Erythrocyten um ein Drittel seiner Größe übertrifft.

Plasmodium immaculatum (Grassi et Fel.).

Der Parasit der tropischen Malaria oder Perniciosa unterscheidet sich von den beiden anderen Malariaparasiten des Menschen auffallend durch die Gestalt der Gametocyten, der sog. Halbmonde. Doch auch während der Schizogonie treten deutliche Unterschiede zutage. Die jüngsten Formen sind kleine Scheiben mit einer Vakuole. Die sog. Ringformen sind wesentlich kleiner als die der beiden anderen *Plasmodium*-Arten (Fig. 55). Sehr oft ist in diesen Stadien ein Blepharoplast neben dem Kern zu sehen. Die halberwachsenen ringförmigen Stadien sind nur schwer von den Tertianringen zu unterscheiden. Doch enthalten sie im Gegensatz zu den Tertianparasiten schon Pigment, und die befallenen Blutkörperchen sind nie vergrößert

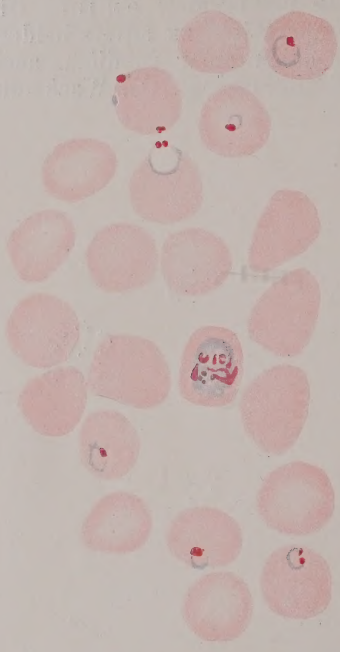


Fig. 55.

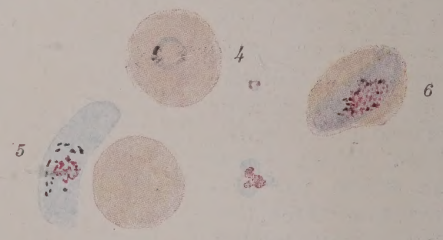


Fig. 56.

Fig. 55. Menschliches Blut mit Tropicaschizonten. Giemsa trocken. Aus Hartmann-Schilling.

Fig. 56. Menschliches Blut mit Tropicaparasiten. *4* Ringform, *5* Makrogametocyt, *6* Mikrogametocyt. Dazwischen 2 Blutplättchen. Giemsa trocken. Vergr. ca. 1200:1. Original.

oder verblaßt (Fig. 55 u. 56, *4*). Gegen Ende des Wachstums, kurz vor Beginn eines neuen Anfalles, verschwinden die Schizonten aus dem peripheren Blut und vollenden den Abschluß der Schizogonie in den Kapillaren von Milz, Hirn und Knochenmark. Der erwachsene Schizont ist etwa um ein Drittel kleiner als der von *Plasmodium vivax* (Fig. 55). Es werden 8—25 Merozoiten gebildet.

An dem Fehlen der Stoffwechselvakuole, der geringeren amöboiden Beweglichkeit und dem gröberen Pigment kann man auch hier ähnlich wie beim Tertian- und Quartanparasiten die jüngeren Geschlechtsformen von den Schizonten unterscheiden. Die älteren Gametocyten sind äußerst charakteristisch durch die schmale lange, an der einen

Seite konkav ausgehöhlte Form (sog. Halbmond). Meist sind sie von einem zarten Rest des Erythrocyten umgeben. Die Makrogametocyten haben ein dichtes, stark blau färbbares Plasma, der kleine Kern ist von Pigment umgeben (Fig. 56, *5*). Später rundet sich die halbmondförmige Form zu einem erst ovalen, dann kugeligen Körper ab.

Die Form der männlichen Halbmonde (Fig. 56, *6*) ist breiter und plumper, das Plasma heller, bei Giemsa-Färbung oft violett. Das Pigment ist durch den Körper zerstreut. Der Chromatingehalt ist sehr groß und die Kernteilung in 8 Tochterkerne wie bei *Haemoproteus* schon in dem scheinbar einheitlichen Mutterkern durchgeführt. Die Abrundung der Mikrogametocyten geschieht in der Regel erst in dem Mitteldarm des *Anopheles*.

Proteosoma praecox (Grassi et Fel.).

Da *Proteosoma praecox*, der Erreger der Vogelmalaria, auch bei uns vorkommt und sich leicht von Vogel zu Vogel übertragen läßt, so kann er in Ermangelung von menschlichen Malariaparasiten als Beispiel der Plasmodien dienen. Seine Untersuchung empfiehlt sich außerdem noch aus dem Grunde, weil hier die Doppelkernigkeit in Hauptkern und Geißelkern (Blepharoplast) meist zu beobachten ist.

Fig. 57. **Proteosoma praecox** (Grassi et Fel.), a Merozoit mit Blepharoplast und Geißel, b Schizont, c u. d Makrogametocyt mit Blepharoplast, e Mikrogamet. Trocken-Giemsa-Färbung. Vergr. ca. 2500 : 1. Nach Hartmann.

Die Entwicklung ist sonst die gleiche, wie sie oben für den Tertianparasiten geschildert wurde; doch fehlt hier die streng gleichmäßige Entwicklung, und man findet daher von Anfang an die verschiedensten Stadien der Schizogonie nebeneinander. Von besonderem Interesse ist der Umstand, daß man bei starker Infektion in mit physiologischer Kochsalzlösung verdünntem Blut gelegentlich eine Geißelbildung bei Merozoiten beobachten kann (Fig. 57 a). Die Doppelkernigkeit tritt besonders deutlich bei den Gametocyten hervor (Fig. 57 c und d). Die Mikrogametenbildung läßt sich in ähnlicher Weise verfolgen, wie es oben (S. 63) für *Haemoproteus* angegeben wurde. Bei reichlichem Zusatz von Kochsalzlösung zu gametocytenhaltigem Blut kann dabei der trypanosomenartige Bau der Mikrogameten, speziell Blepharoplast und Saumgeißel, erkannt werden (Fig. 57 e).

Piroplasma (Babesia) canis (Piana et Galli-Val.).

Die Gattung *Piroplasma (Babesia)* zeigt in interessanter Weise einen Weg, den die phylogenetische Entwicklung der *Trypanosoma*-artigen Blutparasiten in Anpassung an den intracellulären Parasitismus eingeschlagen hat. Wir wählen zum Studium der Piroplasmen die beim Hunde vorkommende Art, einerseits wegen der Größe, andererseits weil sie am besten studiert und am leichtesten zu beschaffen und zu halten ist.

Ist ein Hund frisch infiziert, so findet man beim ersten Fieberansteigen in dem Blut, das dem zuvor massierten Ohrläppchen entnommen wurde, zunächst Formen, die zu einer ungeschlechtlichen, schizogonischen Vermehrung gehören. Die jüngsten Formen sind

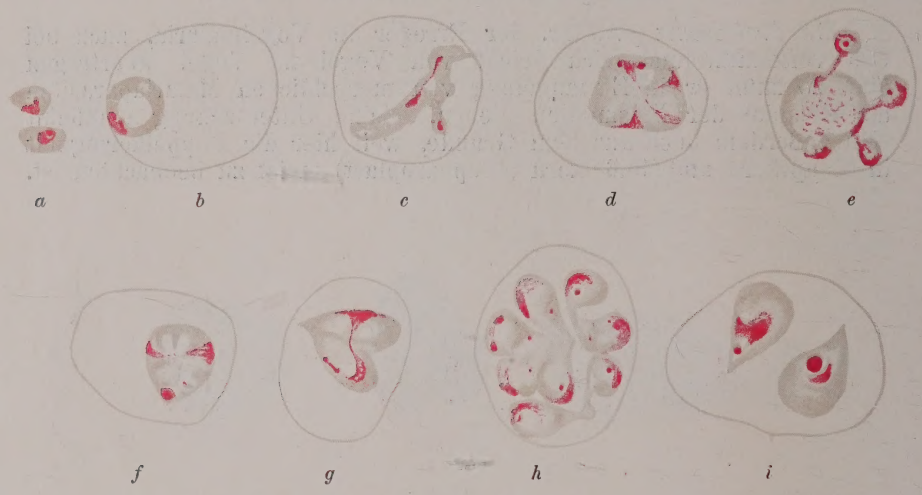


Fig. 58. **Piroplasma (Babesia) canis** (Piana et Galli-Val.), a—e Schizogonie, a freie Form, b Ringform, c Amöboidform, d Kernvermehrung zur Schizogonie, e Bildung der Merozoiten durch Knospung, f—h Vermehrung der Birnformen durch fortgesetzte Längsteilung, i Doppelinfektion mit einem männlichen? (rechts) und einem weiblichen? (links) Gameten (?). Vergr. ca. 2500:1. Trocken-Giemsa. Nach Kinoshita.

kleine freie kugelige oder ovale Zellen, in der Regel nur mit einem nach Giemsa hellroten Hauptkern, der im feucht fixierten Präparat sich als einfacher Karyosomkern erweist (Fig. 58 a u. 59 a, b). Diese Formen legen sich auf die Erythrocyten und sinken allmählich in sie ein. Beim weiteren Wachstum tritt eine Vakuole im Innern auf, wodurch, ganz wie bei den Malariaparasiten, sog. Ringformen entstehen (Fig 58 b). Doch ist auch hierbei gelegentlich Kern und Blepharoplast zu unterscheiden. Dann wird der Parasit wiederum ähnlich wie die Plasmodien amöboid, wobei der Hauptkern oft sehr in die Länge gezogen wird (Fig. 58 c). Die völlig herangewachsenen Formen runden sich nun ab und vermehren sich nach vorausgegangener oder unter gleichzeitiger Kernteilung durch einfache Zweiteilung oder einmalige oder mehrfache Knospung (Fig. 58 d, e u. 59 a—c).

Nach einiger Zeit treten die sog. Birnformen auf. Diese wachsen in ähnlicher Weise wie die Schizonten heran, nur die Formveränderlichkeit ist eine viel geringere, die Amöboidformen fehlen. Durch heteropole Kernteilung bilden sie einen kleinen Geißelkern (Fig. 59e, f). Im ausgewachsenen Zustand unterscheiden sie sich durch ihre birnförmige Gestalt in sehr charakteristischer Weise von den schizogonischen Formen. Der Blepharoplast liegt stets am zugespitzten Ende der Birne.

Die Vermehrung der Birnformen geschieht durch fortgesetzte Längsteilung (Fig. 58f—h), also in derselben Weise wie bei *Trypanosoma*. Durch die fortgesetzte Längsteilung gehen meist 8 oder 16 Teilformen aus einem Individuum hervor, die auf einem Blutkörperchen liegen. Die gemeinsame Herkunft dieser kleinen Birnformen ergibt sich auch daraus, daß der spitze Pol bei allen nach derselben Seite gerichtet ist.

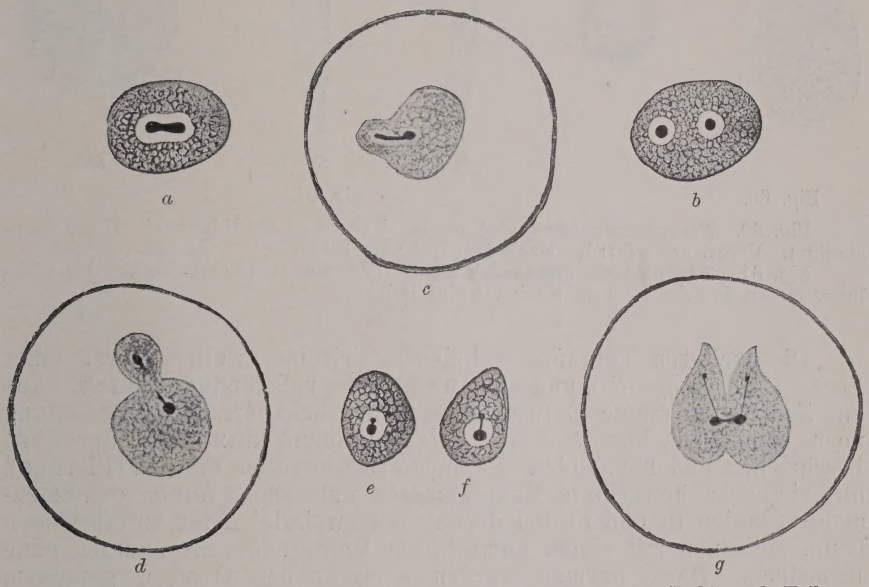


Fig. 59. **Piroplasma (Babesia) canis** (Piana et Galli-Val.), a, b Teilung, c, d Knospung blepharoplastloser Formen, e u. f Bildung des Geißelkernes durch heteropole Caryosomteilung, g Teilung einer doppeltkernigen Form. Feucht fixiert und gefärbt mit Eisenhämatoxylin. Nach Breinl und Hindle.

Die kleinen Birnformen verlassen den Erythrocyten und befallen einen neuen, um dort heranzuwachsen und sich zu eventuellen Geschlechtsformen zu differenzieren. Die Differenzierung soll darin bestehen, daß bei den männlichen Formen der Blepharoplast sich sehr stark entwickele, während der Hauptkern klein bleibe, und umgekehrt bei den weiblichen Formen der Blepharoplast klein bleibe und der vegetative Kern stärker ausgebildet sei. Auch im Protoplasma finden sich Verschiedenheiten, die denen der Mikrogameten und Makrogameten der Plasmodien entsprechen. In Fig. 58i sehen wir einen solchen eventuellen männlichen und weiblichen Gameten auf demselben Blutkörperchen. Daß dieselben nicht durch Teilung einer Birnform an Ort und Stelle entstanden, sondern erst nachträglich aufgewandert sind,

ergibt sich schon aus ihrer Lage, da sie mit ungleichen Polen nebeneinander liegen. Ob diese Formen in der Tat Gameten sind, steht noch nicht fest, da die Befruchtung bisher nicht beobachtet ist.

So weit geht die Entwicklung normalerweise im Blut des Hundes vor sich. Wenn man aber einen Hund im Höhepunkt der Krankheit kurz vor dem Exitus ohne Chloroform tötet und das Herzblut mit der gleichen Menge Natriumcitricum-Lösung (2,5—5 %) versetzt, so kann man im hängenden Tropfen öfters Formen mit langen Geißeln beobachten, die sich lebhaft bewegen. Im gefärbten Präparat, das selten gelingt, da die Geißeln sehr hinfällig sind, sieht man, wie die Geißeln von den großen Blepharoplasten aus entspringen (Fig. 60).

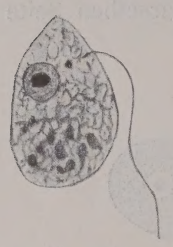


Fig. 60.

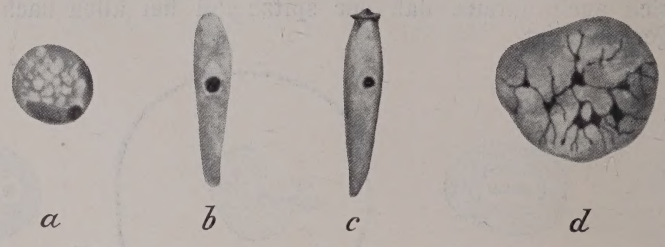


Fig. 61.

Fig. 60. **Piroplasma (Babesia) canis** (Piana et Galli-Val.). Flagellatenstadium. Vergr. ca. 2500:1. Nach Breinl und Hindle.

Fig. 61. **Piroplasma (Babesia) canis** (Piana et Galli-Val.). Entwicklungsstadien aus der Zecke. Nach Christophers.

Die weiteren Vorgänge vollziehen sich im zweiten Wirt, einer Zecke (*Haemophysalis*), und sind noch nicht vollständig ermittelt. Aus der Zecke sind einige Entwicklungsstadien bekannt, deren Bedeutung noch nicht ganz klar ist. Hier seien nur ganz kurz einige derselben beschrieben und abgebildet. Es finden sich kugelige Formen (Fig. 61 a), die vielleicht befruchtete Makrogameten darstellen, ferner ookinetenartige Stadien (b und c), bei denen man zweierlei Arten unterscheiden kann, die einen mit einem Fortsatz am Vorderende, die anderen ohne denselben. Diese Formen werden auch in den Ovarien gefunden. Außerdem kommen große multiple Teilungsformen (d) vor, aus denen sich wieder kleine birnförmige Stadien entwickeln, die vermutlich der Neuinfektion dienen.

Mit reich infiziertem Blut, das im Eisschrank aufbewahrt wird, kann man noch nach 39 Tagen mit Erfolg infizieren, es scheinen die weiblichen Formen zu sein, die im abgekugelten Zustande so lange Zeit lebensfähig sind, während die ungeschlechtlichen und männlichen Formen sehr rasch degenerieren und zugrunde gehen.

Literatur über Binucleaten.

Baldrey, F. S. H. *(1909), Versuche und Beobachtungen über die Entwicklung von Trypanosoma lewisi in der Rattenlaus Haemotopinus spinulosus. In: Arch. Protistenk., Bd. 15.*

Berliner, E. *(1909), Flagellatenstudien. In: Arch. Protistenk., Bd. 15.*

Breinl *and* ***Hindle*** *(1908), Contributions to the Morphology and Life History of Piroplasma canis. In: Ann. Trop. Med. Parasit., Vol. 2.*

Christophers *(1907), Piroplasma canis and its Life Cycle in the Tick. In: Sci. Mem. Off. Med. and San. Dep. Gov. India, No. 29.*

Grassi *(1901), Die Malaria etc., 2. Aufl., Jena 1901.*
Hartmann, M. *(1907), Das System der Protozoen, zugleich vorläufige Mitteilung über Proteosoma. In: Arch. Protistenk., Bd. 10.*
Kinoshita *(1907), Untersuchungen über Babesia canis. In: Arch. Protistenk., Bd. 8.*
Nöller, Wilh. *(1912), Die Übertragungsweise der Rattentrypanosomen durch Flöhe. In: Arch. Protistenk., Bd. 25.*
Rosenbusch, F. *(1909), Trypanosomenstudien. In: Arch. Protistenk., Bd. 15.*
Prowazek, S. von *(1905), Studien über Säugetiertrypanosomen. In: Arb. Kais. Gesundheitsamt, Bd. 22.*
Schaudinn, F. *(1902), Studien über krankheitserregende Protozoen. II. Plasmodium vivax etc. Ibid., Bd. 19.*
— (1904), Generations- und Wirtswechsel bei Trypanosoma und Spirochaete. Ibid., Bd. 20.

V. Coccidia.

Allgemeines.

Die Coccidien sind sowohl wegen ihrer weiten Verbreitung bei Wirbeltieren und ihrer pathogenen Wirkung bei einigen derselben von großer Bedeutung, als auch wegen der Übereinstimmung ihres Entwicklungskreises mit dem der Plasmodien, zu deren Verständnis die Kenntnis der leichter studierbaren Coccidien sehr wertvoll war.

Die Coccidien sind einkernige Zellschmarotzer, und zwar vorwiegend Epithelzellschmarotzer. In der durch sie hervorgerufenen, weitgehenden Zerstörung des Darmepithels dürfte die pathogene Wirkung der Coccidien schon ihre genügende Erklärung finden. Sie besitzen infolge des Mangels von elastischen, formbestimmenden Elementen meist runde oder ovale Gestalt. Nur die freien Jugendformen und die Mikrogameten haben längliche Gestalt und sind aktiver Bewegung fähig. Die Autoinfektion vollzieht sich durch einen agametischen multiplen Teilungsprozeß, die Schizogonie. Die Neuinfektion erfolgt durch Oocysten, die aus einer Befruchtung hervorgegangen sind und in denen eine zweite Art der Fortpflanzung, die Sporogonie, vor sich geht. Der ganze Entwicklungskreis läßt sich am besten an der Hand eines speziellen Beispieles klarlegen. Wir wählen hierzu *Eimeria schubergi* (Schaudinn), einen Darmparasiten des gewöhnlichen Tausendfußes, *Lithobius forficatus*. (Vgl. hierzu Fig. 62.)

Die durch Platzen der Oocyste (*XX*) im Darm des neuen Wirtes freigewordenen Sporozoiten (*I*), die ähnliche Bewegungen auszuführen vermögen wie die Sporozoiten der Hämosporidien, dringen mit Hilfe ihres zugespitzten, dichteren Vorderendes in die Darmepithelzellen des Wirtes ein (*II*) und werden hier zu dem ovalen, später kugeligen, jungen Schizonten (*III, IV*). Dabei bildet sich im Kern aus zerstreuten Chromatinkörnern und aus Plastinsubstanz ein großer Binnenkörper (Karyosom). Am Schlusse des Wachstums teilt sich der Kern des Schizonten durch fortgesetzte primitive Mitosen in eine Anzahl Tochterkerne (*V, VI*). An jedem Kern wölbt sich ein Buckel von

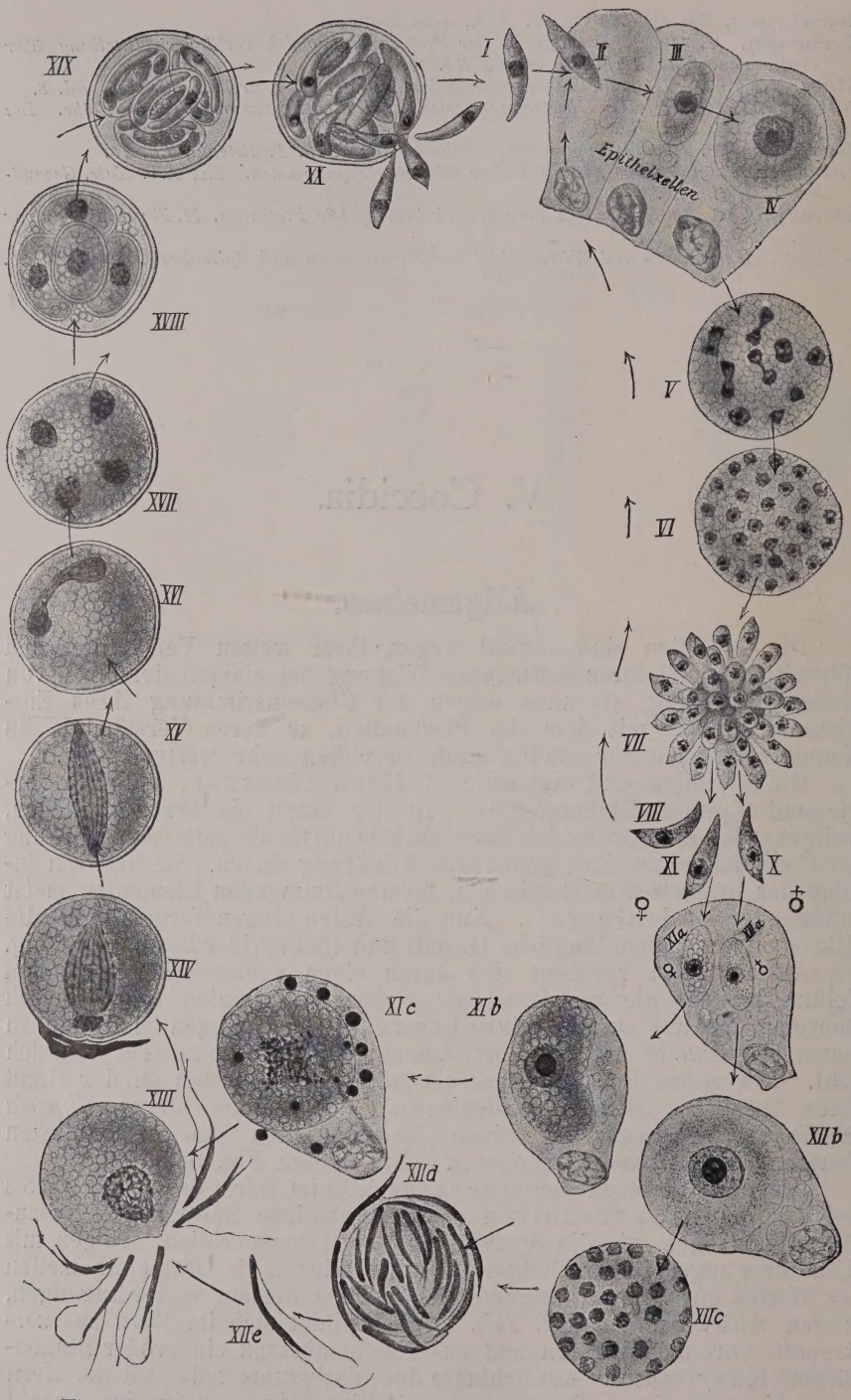


Fig. 62. Entwicklungskreis von **Eimeria schubergi.** Nach Schaudinn aus Lang. Erklärung im Text.

flüssigem Protoplasma hervor, während sich im Zentrum dichteres Protoplasma ansammelt. Um diese Zeit fällt gewöhnlich der Schizont aus der Epithelzelle heraus in das Darmlumen. Er zerschnürt sich hierauf in so viele Teilstücke, als Kerne gebildet wurden; das zentrale dichtere Protoplasma bleibt als Restkörper zurück (*VII*).

Die hierdurch entstandenen Tochterindividuen, die Merozoiten (*VIII*), sind den Sporozoiten äußerst ähnlich, unterscheiden sich aber von ihnen hauptsächlich durch den Besitz eines größeren Karyosoms. Sie dringen wie sie in neue Epithelzellen ein und wachsen dort wieder zu Schizonten heran.

Durch diese fortgesetzte Schizogonie wird die Zahl der Parasiten in dem einmal infizierten Wirt ungeheuer vermehrt; aber schließlich findet der Fortpflanzungsprozeß ein Ende und die Merozoiten werden nicht mehr zu Schizonten, sondern entwickeln sich zu weiblichen, resp. männlichen Gametocyten (*IX*, *X*). Dieselben unterscheiden sich ähnlich wie die Geschlechtsformen bei den Blutparasiten, indem die Makrogametocyten ein grobgranuliertes, dichtes, reservestoffreiches Protoplasma, die Mikrogametocyten ein klares, feinwabiges aufweisen (*XIb* u. *XIIb*).

Auch die Weiterentwicklung der Geschlechtsgeneration und die Befruchtung verhält sich ganz ähnlich wie bei den schon beschriebenen Blutparasiten, jedoch mit dem Unterschied, daß diese Vorgänge im Darm desselben Wirtes sich abspielen, also ohne Wirtswechsel. Die Reifung des Makrogametocyten vollzieht sich unter gleichzeitiger kugeliger Abrundung der vorher meist ovalen Zelle, wodurch ein einziger Makrogamet entsteht (*XIc*), während der Mikrogametocyt in eine größere Anzahl von Mikrogameten zerfällt (*XIIc, d*). Diese besitzen zwei Geißeln, je eine am Vorder- und Hinterende, und bestehen fast ausschließlich aus Kernsubstanz mit einer geringen Protoplasmamenge; sie sind außerordentlich beweglich (*XIIe*).

Sobald die weibliche Geschlechtszelle durch Ausstoßung von Kernbestandteilen ihre Reife erlangt hat, wird sie von Mikrogameten, auf die sie eine Anziehungskraft ausübt, umschwärmt. In einen kleinen vorgewölbten Höcker, den sogenannten Empfängnishügel (*XIII*), dringt ein Mikrogamet ein, und sobald dies geschehen ist, wird eine Membran an der Oberfläche ausgeschieden, und der Makrogamet wird dadurch zur Oocyste. Die hierauf folgende Kernverschmelzung oder Karyogamie vollzieht sich unter dem Bilde der Kopulationsspindel (*XIV*), die wir ebenfalls schon von *Haemoproteus* her kennen.

Innerhalb der Oocyste folgt dann die zweite Art der Fortpflanzung, die Sporogonie (*XVI—XX*). Der wieder zur Ruhe gekommene Kopulationskern teilt sich zweimal hintereinander in 4 Tochterkerne (*XVI, XVII*) und das Protoplasma zerfällt unter Zurückbleiben eines Restkörpers entsprechend in 4 Tochterzellen, die Sporoblasten. Durch Ausscheidung doppelter Hüllen werden diese 4 Sporoblasten zu Sporocysten (*XVIII*), innerhalb welcher durch eine weitere Teilung je 2 Sporozoiten und ein Restkörper entstehen (*XIX*). Die Oocysten werden mit den Fäkalien entleert und dienen in der anfangs beschriebenen Weise der Neuinfektion. Damit ist der Zeugungskreis geschlossen.

Technische Bemerkungen.

Material. Zu diesem Kurs gebraucht man mit Coccidien infizierte Kaninchen, die man meist in jeder Kaninchenzucht findet und deren Infektion an dem Vorhandensein von Coccidiencysten im Stuhl zu erkennen ist. Die Schizogoniestadien fehlen dann allerdings in der Regel. Da es schwer ist, überhaupt uninfizierte Kaninchen zu bekommen, um an ihnen Neuinfektion vornehmen zu können, wodurch die erwünschten Stadien leicht zu erhalten wären, so ist man meistens darauf angewiesen, konserviertes Dünndarm- und Lebermaterial, das diese Stadien enthält und das man eventuell bei gelegentlichen Sektionen gesammelt hat, verarbeiten zu lassen. Die Leberknoten, die noch Schizogoniestadien enthalten, erkennt man daran, daß der Inhalt der Coccidienherde hier noch so flüssig ist, daß er bei der Öffnung von selbst herausläuft. Herde mit verkästem Inhalt enthalten fast nur Sporogoniestadien.

Zur Lebenduntersuchung von Schizogonie- und Geschlechtsstadien zerzupft man kleine Flöckchen Dünndarmschleimhaut auf dem planen Objektträger und schließt rasch ohne Zusatz fremder Flüssigkeit durch Deckglas und Wachs- oder Vaselinumrandung von der Luft ab. Die Sporogonie vollzieht sich dagegen nur unter Luftzutritt. Man kann dieselbe in einer feuchten Kammer im Leben verfolgen (mit mittelstarken Trockenlinsen), wobei es zweckmäßig ist, zur Vermeidung der Wucherung von Fäulnisbakterien das oocystenhaltige Material zuvor mit einem Antiseptikum, z. B. 4 % Kaliumbichromatlösung, zu behandeln, was die Oocysten in keiner Weise schädigt.

Für Dauerpräparate fertigt man Deckglasausstriche von Darm- und Lebermaterial und Schnitte von Darm- und Leberstückchen. Konservierung der Ausstriche und Organstücke mit heißem Sublimat-Alkohol. Dünndarmstücke von etwa 2 cm Länge bindet man an einem Ende ab, füllt mittels Pipette den Hohlraum mit der Konservierungsflüssigkeit, bindet rasch das obere Ende ab und legt das so hergerichtete Stück in die Konservierungsflüssigkeit ein.

Zur Färbung eignet sich besonders für Cysten stark verdünntes Delafieldsches Hämatoxylin (Färbungsdauer ca. 24 Stunden im Brutofen) und eventuell Nachfärben mit Eosin. Auch Heidenhains Hämatoxylin empfiehlt sich und zwar besonders bei Schnitten. Hier stark Entfärben mit Eisenalaun und Nachfärben mit Bordeauxrot, worauf die Kerne schwarz, die sonst schwer davon zu unterscheidenden Granula rot gefärbt erscheinen.

Spezieller Kurs.

Eimeria stiedae (Lindem.)

Mit dem Bau und der Entwicklung der Coccidien wollen wir uns an der für die Medizin wichtigsten Form, der *Eimeria stiedae* aus Dünndarm und Leber von Kaninchen, bekannt machen, dem Erreger der Kaninchencoccidiose. Sie stimmt im großen und ganzen mit der als Typus geschilderten *Eimeria schubergi* überein.

Falls man frisch infizierte Kaninchen mit Schizogoniestadien zur Verfügung hat, kann man diese Verhältnisse auch am lebenden

Objekt studieren. Im allgemeinen ist man aber auf die Untersuchung von Ausstrichen und Schnittpräparaten angewiesen. Die jungen Schizonten sind an ihrer starken Lichtbrechung in vivo leicht von den sie beherbergenden Epithelzellen des Wirtstieres zu unterscheiden.

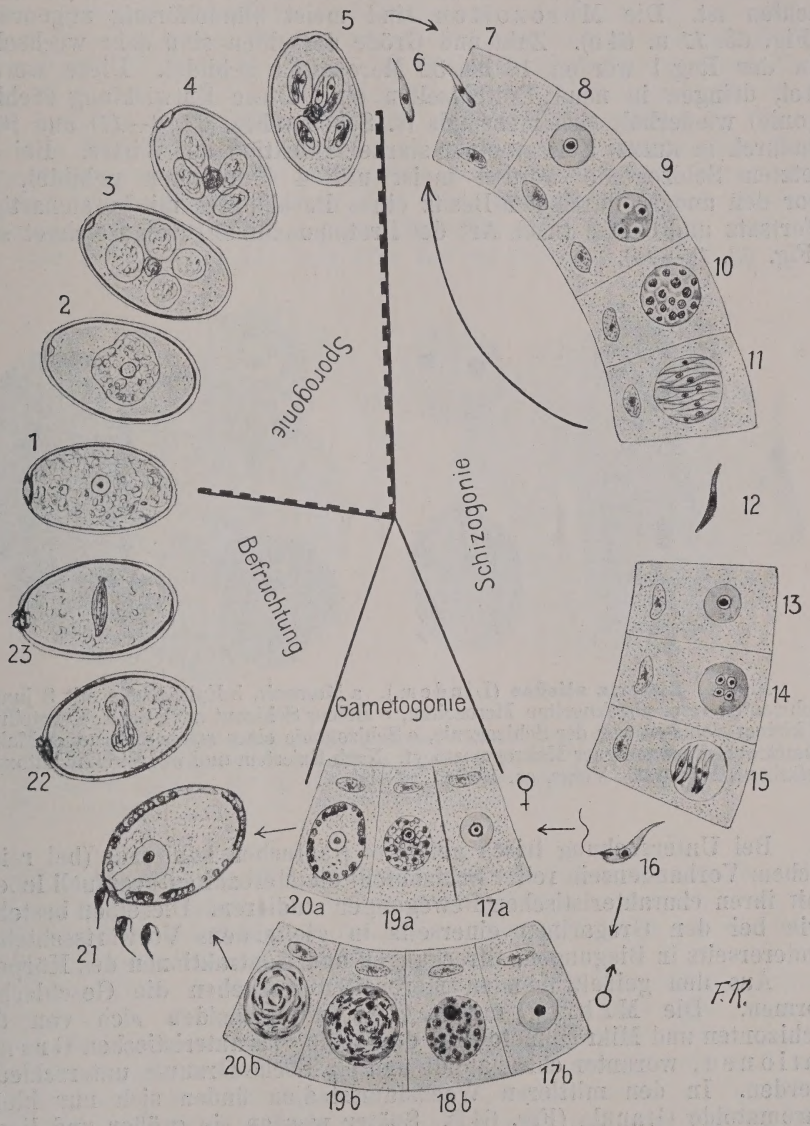


Fig. 63. Schema des Entwicklungskreises von **Eimeria stiedae**. Nach Reich.

Die Schizogonieformen sind zu Beginn der Infektion größer und werden später kleiner. Die Merozoiten sind ziemlich schlank und bewegen sich gregarinenartig (Fig. 63, *6* u. 64a). Sie dringen in die Epithelzellen des Dünndarms und der Gallengänge und kugeln sich dort ab,

wobei das vorher im Kernbläschen zerstreute Chromatin sich zu einem großen Karyosom verdichtet (Fig. 63, *7*, *8* u. 64 b). Die Teilung des Kernes kann in den verschiedensten Wachstumsstadien beginnen, und zwar schon sehr frühzeitig (Fig. 64 c). Die Schizogonie vollzieht sich wie bei *Eimeria schubergi*, bei welch letzterer sie jedoch leichter zu beobachten ist. Die Merozoiten sind meist bündelförmig angeordnet (Fig. 63, *11* u. 64 e). Zahl und Größe derselben sind sehr wechselnd. In der Regel werden 16 bis 32 Merozoiten gebildet. Diese werden frei, dringen in neue Epithelzellen ein. Diese Entwicklung (Schizogonie) wiederholt sich mehrmals (s. Schema Fig. 63, *6—11*) und führt dadurch in kurzer Zeit zu einer starken Infektion des Wirtes. Bei der letzten Schizogonie werden meist nur 4 Merozoiten gebildet, die vor den andern durch den Besitz eines Basalkornes mit borstenartigen Fortsatz und Geißel (nach Art der Protomonadinen) ausgezeichnet sind (Fig. 63, *12—16*).

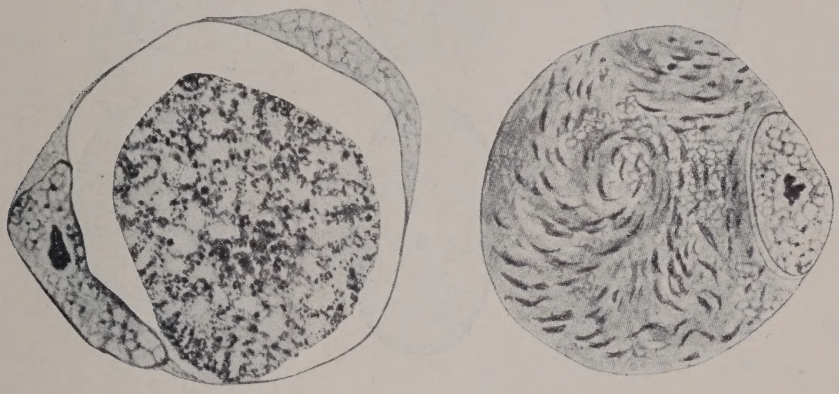
Fig. 64. **Eimeria stiedae** (Lindem.). a Merozoit, b Epithelzelle mit 3 jungen Schizonten resp. abgekugelten Merozoiten, c kleiner Schizont nach der 1. Kernteilung, d kleiner Schizont vor der Schizogonie, e Schizogonie eines solchen, f junger Makrogametocyt, g erwachsener Makrogametocyt. Nach fixiertem und mit Eisenhämatoxylin gefärbtem Präparat. Vergr. ca. 1900 : 1. Original.

Bei Untersuchung frisch getöteter Kaninchen kann man (bei reichlichem Vorhandensein reifer Schizonten) die Merozoiten eventuell lebend mit ihren charakteristischen Bewegungen studieren. Dieselben bestehen wie bei den Gregarinen einerseits in gleitendem Vorwärtsschieben, andererseits in Biegungen, Streckungen und Kontraktionen des Körpers.

Aus den geißeltragenden Merozoiten entstehen die Geschlechtsformen. Die Makrogametocyten unterscheiden sich von den Schizonten und Mikrogametocyten durch die charakteristischen Granulationen, worunter chromatoide und plastische Granula unterschieden werden. In den mittleren Wachstumsstadien finden sich nur kleine chromatoide Granula (Fig. 64 f). Später werden sie größer und liegen vorwiegend an der Peripherie, wobei sie infolge ihrer starken Färbbarkeit und Größe leicht Kerne vortäuschen können (Fig. 64 g). Die oben angegebene Färbung mit Eisenhämatoxylin und Bordeauxrot, sowie der Nachweis eines großen zentralen Kernes schützen vor Verwechslung mit vielkernigen Mikrogametocyten. Die chromatischen Granulationen sind vermutlich somatische Chromidien, die plastischen, die sich nicht

mit Kernfarbstoff färben, stellen Reservenahrungsstoffe dar und scheinen durch Umwandlung aus den ersteren hervorzugehen (Fig. 64 g).

Die Mikrogametocyten erreichen eine ganz bedeutende Größe im Verhältnis zu den Schizonten und Makrogametocyten (Fig. 65). Sehr früh beginnt dabei die Kernvermehrung durch fortgesetzte Karyosomknospungen und schließliche Zerfallteilung desselben (Fig. 63, *18 b—20 b*). Durch gleichzeitige reichliche Chromidienbildung ist es manchmal schwer, in späteren Stadien die Kerne als gesonderte Gebilde zu erkennen (Fig. 65 a). Zum Schluß teilen sich die kleinen Kerne nochmals durch eine deutliche Zweiteilung, die wohl als Reduktionsteilung zu deuten ist. Die Zahl der Mikrogameten, die um einen ansehnlichen Restkörper angeordnet sind, ist wechselnd, aber stets sehr groß. Ihre Größe beträgt etwa die Hälfte von der der Mikrogameten von *Eimeria schubergi*. Die 2 Geißeln entspringen beide am Vorderende, doch ist die eine als Schleppgeißel mit dem Körper teilweise verklebt.



a *b*

Fig. 65. **Eimeria stiedae** (Lindem.). a Mikrogametocyt mit undeutlichen Kernen und Chromidien in einer Epithelzelle, b ausgebildete Mikrogameten im Innern des Restes der Epithelzelle um den Restkörper schwärmend. Nach fixiertem und gefärbtem Präparat. Vergr. ca. 1900 : 1. Original.

Die ausgebildeten Mikrogameten sind im Leben in lebhafter Bewegung noch innerhalb der Membran des Mikrogametocyten resp. der infizierten Epithelzellen zu beobachten, wobei sie lebhaft um den Restkörper herumwirbeln (Fig. 65 b).

Der reife ovale Makrogamet scheidet eine zunächst einfache Cystenhülle aus, die an einem Pole eine Öffnung, eine Mikropyle, besitzt. Im Epithel oder wohl gewöhnlich, nach Verlassen der Wirtszelle, im Darmlumen dringt ein Mikrogamet durch die Mikropyle ein und verschmilzt mit dem entgegengewanderten Makrogametenkern (Fig. 66 a). Sowie ein Mikrogamet eingedrungen ist, bildet sich ein Plasmapfropf und verschließt die Mikropylenöffnung. Die verschmelzenden Gametenkerne weisen zuerst eine hantelförmige Gestalt auf, rücken in diesem Zustand in die Mitte und stellen sich quer zur Längsachse [$1^1/_2$—2 Stunden nach Eindringen (Fig. 66 b u. c)]. Nun bildet sich aus den chromatoiden Granula die zweite innere Cystenhülle [3 Stunden (Fig. 66 d)]. Die kopulierenden Kerne bilden dann eine sog. Befruchtungsspindel

(Fig. 66 e). Innerhalb ca. 12 Stunden und mehr kugelt sich dieselbe dann langsam ab und die Bildung der Oocyste ist fertig (Fig. 66 f—i).

Diese Vorgänge sind selten zu beobachten und wegen der schweren Färbbarkeit der Cysten in fixierten Präparaten schwer darzustellen. Hat man aber das Glück, solche Stadien im Leben anzutreffen, so lassen sich an ihnen in aller Deutlichkeit die geschilderten Vorgänge verfolgen (Fig. 66).

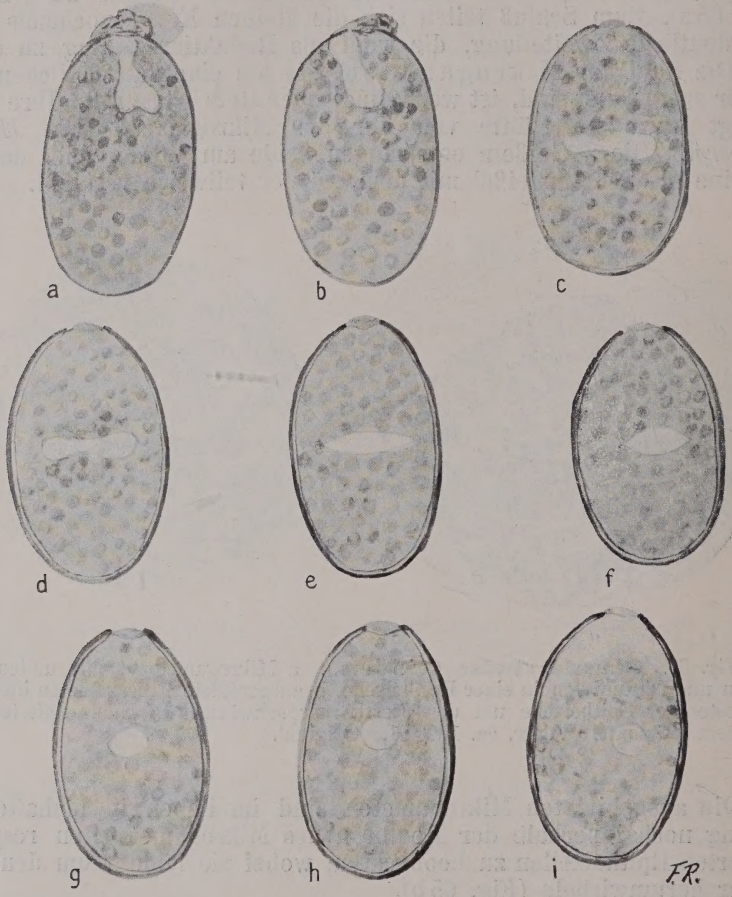


Fig. 66. **Eimeria stiedae** (Lindem.). Befruchtung nach dem Leben. Vergr. ca. 1000. Nach Reich.

Die Membran der Oocyste wird von einer schleimigen Hülle umgeben, die an der Mikropyle verdickt erscheint (Fig. 67 a). Später geht diese Hülle verloren. Der Inhalt der Oocyste, der anfangs diese ganz ausfüllte, zieht sich bald darauf zu einer Kugel zusammen, die nur im Äquator die Cyste berührt (Fig. 67 a). Der übrige Teil derselben ist alsdann durch eine gallertige Substanz erfüllt, die sich später verflüssigt. Die Copula oder der Sporont erscheint im Leben als stark granulierte grünliche Zelle. Im Zentrum ist ein heller Fleck in zartrosa Ton zu beobachten, der Kern.

Die Weiterentwicklung vollzieht sich nur außerhalb des Wirtes bei Sauerstoffzutritt. Wir beschränken uns auf die Lebenduntersuchung, da Färbungen sehr schwer gelingen. Nach etwa 30 Stunden zeigt der kugelige Sporont 4 buckelartige Auftreibungen, um sich dann weiterhin innerhalb ca. 40 Minuten in 4 kugelige Zellen zu zerschnüren, die Sporoblasten (Fig. 67 b und c). Die dem Zerfall vorausgegangene doppelte Teilung des Kernes ist nicht im Leben zu beobachten. Der Kern verschwindet und erst beim Erscheinen der 4 Buckel können später die 4 Tochterkerne wahrgenommen werden. Zwischen den Sporoblasten findet sich ein kleinerer oder größerer granulierter Rest-

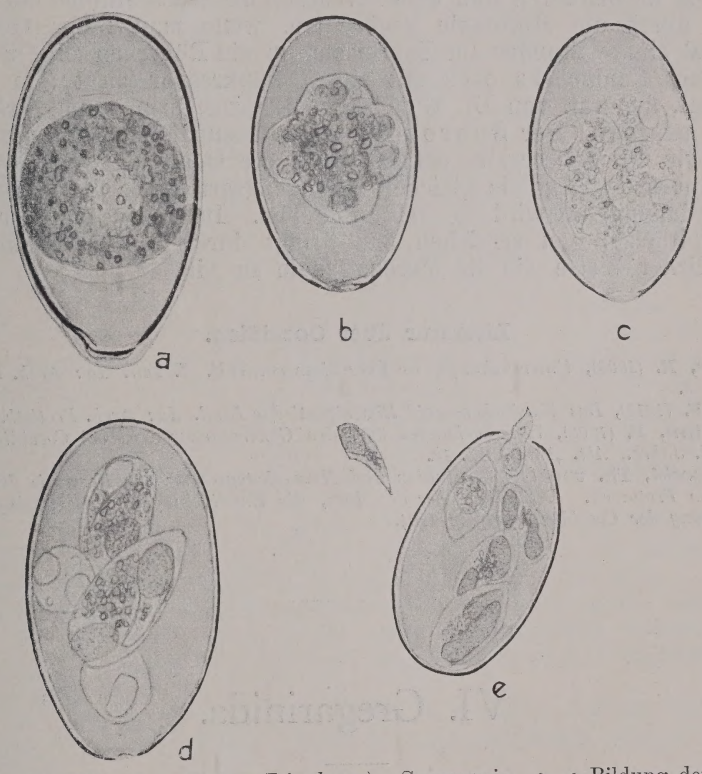


Fig. 67. **Eimeria stiedae** (Lindem.). Sporogonie. a—c Bildung der Sporoblasten, d reife Oocyste mit ausgebildeten Sporozoiten, e Freiwerden der Sporozoiten unter Einwirkung von Pankreassaft. Nach Metzner.

körper, der meist durch die Sporoblasten verdeckt wird. Im weiteren Verlaufe bildet jede der 4 Tochterzellen einen pyramidenförmigen Fortsatz und stemmt ein stark lichtbrechendes Spitzenkörperchen aus, dessen Bedeutung unbekannt ist. Nach Ausstoßung derselben wird die Pyramide wieder rückgebildet und der frühere Zustand kurze Zeit wieder erreicht. Die Sporoblasten nehmen hierauf eine ovale, dann birnförmige Gestalt an und scheiden an der Oberfläche eine Membran ab. Dadurch werden sie zu Sporocysten. Der spitze Pol ist durch ein nach innen vorspringendes Körperchen, die Mikropyle, gekennzeichnet. Der Zellinhalt der Sporocysten zerfällt dann in 2 Tochterzellen, die Sporo-

zoiten, zwischen denen gleichfalls ein Restkörper übrig bleibt. An den Sporozoiten ist das eine Ende stark verdickt und enthält eine eiförmige, glänzende, homogene Masse. Das vordere zugespitzte Ende ist innerhalb der Sporocyste weniger gut zu erkennen. In letzterem liegt auch der Kern. Dieses Stadium wird nach etwa 70 Stunden erreicht (Fig. 67 d).

Durch die Oocysten mit den fertigen Sporozoiten läßt sich die Neuinfektion vollziehen. Die Oocysten passieren den Magen und erst im Darm durch die Einwirkung des Pankreassaftes werden die Sporozoiten aus der Sporocyste und Oocyste frei. Man kann dies künstlich herbeiführen und dabei eventuell das Ausschlüpfen der Sporozoiten durch die Mikropyle beobachten, wenn man reifes Oocystenmaterial einige Stunden im Thermostat in ein Röhrchen mit Duodenalsaft eines Kaninchens oder mit einem Pankreaspräparat (am besten Pancreat. depurat. von Dr. Grübler, Leipzig) bringt und Präparate davon anfertigt. Der Sporozoit schlüpft zunächst aktiv durch die Mikropyle der Sporocyste, darauf durch die Oocyste (Fig. 67 e). Der freie Sporozoit zeigt die gleichen Bewegungsarten wie die Merozoiten, im Verdauungssaft wird er bald aufgelöst. Im Darm sucht er sofort eine Epithelzelle zu erreichen und dringt durch Körperkontraktionen in ähnlicher Weise wie die Merozoiten in sie ein.

Literatur über Coccidien.

Metzner, R. (1903), Untersuchungen an Coccidium cuniculi. I. Teil. In: Arch. Protistk., Bd. 2.

Reich, F. (1912), Das Kaninchencoccid Eimeria stiedae Lind. In: Arch. Protistk., Bd. 28.

Schaudinn, F. (1900), Untersuchungen über den Generationswechsel bei Coccidien. In: Zool. Jahrb., Abt. Anat., Bd. 13.

Wasielewski, Th. von (1904), Studien und Mikrophotogramme zur Kenntnis der pathogenen Protozoen. I. Studien über den Bau, die Entwicklung und die pathogene Bedeutung der Coccidien, Leipzig 1904.

VI. Gregarinida.

Allgemeines.

Obwohl die Gregarinen keine pathogenen Arten enthalten und fast ausschließlich Parasiten der Wirbellosen sind, sollen sie hier doch nicht übergangen werden, weil gewisse Bau- und Entwicklungsverhältnisse, so z. B. Befruchtungsvorgänge, sehr leicht beobachtet werden können und diese teils von allgemeinem Interesse sind, teils wegen der nahen Verwandtschaft mit Coccidien und Hämosporidien sehr zum Verständnis des Baues dieser Protozoenformen beizutragen vermögen.

Die Gregarinen sind im Gegensatz zu den Coccidien Bewohner von Körperhöhlen und leben nur im Jugandzustande teilweise oder ganz intercellulär. Die ausgewachsenen Individuen haben zuweilen beträchtliche Größe und sind schon mit schwacher Vergrößerung (Ob-

jektiv A, Zeiss), ja selbst mit bloßem Auge erkenntlich. Ihre Form ist länglich, abgeplattet, ähnlich der der Ookineten der Hämosporidien, mit denen sie auch bezüglich der Bewegung übereinstimmen. Letztere kann bei den Gregarinen sehr leicht studiert werden. Ein Vorder- und Hinterende ist meist deutlich ausgebildet.

Die Gestalt wird bedingt durch eine vom Ektoplasma ausgeschiedene Cuticula, die meist Längsfurchen aufweist. Bei den niederen Formen (Monocystiden) ist sie gering ausgebildet, weshalb ihre Gestalt innerhalb gewisser Grenzen veränderlich ist (metabol).

Der nur wenig bewegliche Körper der höheren Formen (Polycystiden) ist in zwei resp. drei deutlich erkennbare Zellabschnitte eingeteilt, den Epimerit (vorderen), den Protomerit (mittleren) und den Deutomerit (hinteren). Letzterer, der Hauptteil, enthält den Kern. Proto- und Deutomerit sind durch eine konstante Ektoplasmaschicht voneinander getrennt. Der Epimerit ist meist mit besonderen cuticularen Festhaftungsorganellen (Zähnen, Widerhaken etc.) ausgestattet und geht unmittelbar in den Deutomerit über. Bei den erwachsenen freien Formen geht er in der Regel verloren.

Zwischen Cuticula und Ektoplasma kann noch eine besondere Gallertschicht vorhanden sein, die bei der Bewegung von Bedeutung ist. Im eigentlichen Ektoplasma, und zwar an der Grenze gegen das Entoplasma, finden sich in der Regel ringförmig um den Körper ziehende, muskelfibrillenartige Fasern, sog. Myoneme.

Die Körperbewegung besteht in wellenartig von einem Körperende zum andern verlaufenden Kontraktionen und in plötzlichen seitlichen Knickungen, wobei die Fibrillenschicht im Ektoplasma eine Rolle spielt. Die eigentliche Ortsveränderung erfolgt jedoch durch ein eigentümliches Gleiten ohne sichtbare Gestaltsveränderung. Sie steht mit der Ausscheidung eines Gallertstieles am Hinterende im Zusammenhang.

Das Entoplasma, das trübe und starkkörnig ist, enthält verschiedene Granulationen, die Reservestoffe darstellen; die wichtigsten sind große ovale oder kugelige Körner aus Paraglykogen.

Der stets in der Einzahl vorkommende Kern ist groß, bläschenförmig und enthält einen großen, stark chromatischen Innenkörper (Karyosom), der im vegetativen Leben mannigfache Veränderungen erfahren kann.

Häufig kommen Verklebungszustände vor, indem sich die einzelnen Individuen mit den ungleichen Polen aneinanderhängen und so ganze Ketten bilden.

Die Fortpflanzungs- und Befruchtungsvorgänge, die sich in einer Cyste abspielen, werden wir im speziellen Kurs kennen lernen.

Technische Bemerkungen.

Material. Zum Studium der Gregarinen wählen wir die in den Samenblasen des Regenwurmes vorkommenden Arten, die der Gattung *Monocystis* angehören. Man betäubt die Regenwürmer in Chloroform und steckt sie im Präparierbecken mit der dunklen Rückenseite nach oben fest. Mittels feiner Schere macht man von hinten nach vorn, der Mitte des Rückens entlang, einen Hautschnitt, trennt die Seitenwände mit einem feinen Skalpell von den sie festhaltenden Dissepimenten rechts und links ab und steckt sie mit Nadeln fest (Fig. 68).

Im 10., 11. und 12. Segment fallen drei Paar ansehnliche, weißgelbliche Blasen auf, die sogenannten Samenblasen, die zahlreiche Spermatozoen und am häufigsten in den Sommermonaten (Mai und Juni am günstigsten) meist encystierte, seltener freie monocystide Gregarinen enthalten.

Zur Lebenduntersuchung der Gregarinen zerzupft man ein Stückchen Samenblase ev. in einem Tropfen physiologischer Kochsalzlösung, legt ein Deckglas auf und untersucht zunächst mit schwacher Vergrößerung.

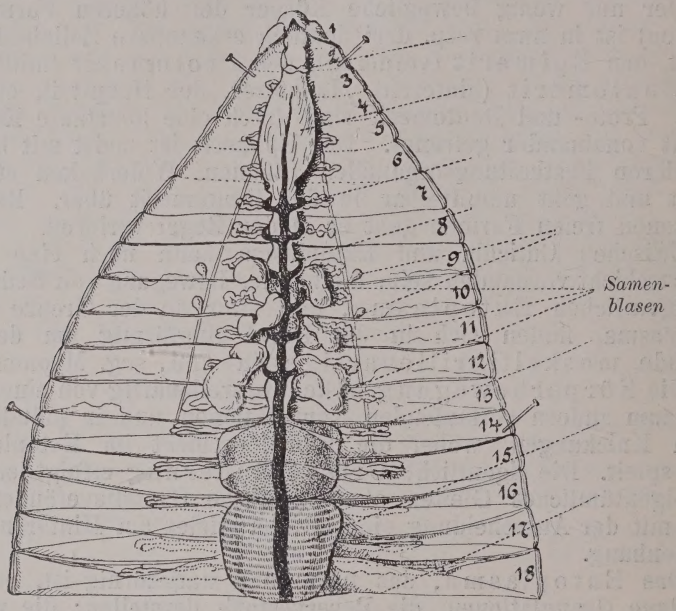


Fig. 68. **Lumbricus herculeus.** Anatomie des Vorderendes. Aus Kükenthal.

Zur Herstellung von Dauerpräparaten fertigt man sowohl Deckglasausstriche, vor allem aber Schnitte durch ganze Samenblasen.

Zur Konservierung dient Sublimat-Alkohol oder Hermannsche Flüssigkeit, zur Färbung der Ausstriche Boraxkarmin oder Delafields Hämatoxylin, der Schnitte vornehmlich Eisenhämatoxylin (ev. Nachfärben mit Bordeauxrot oder Lichtgrün).

Enthalten die Samenblasen der Regenwürmer keine freien Gregarinen, so untersuche man Küchenschaben oder Mehlwürmer auf solche, wo sich im Darm in der Regel reichlich freie polycystide Formen finden.

Spezieller Kurs.

Monocystis spec.

In den auf obige Weise hergestellten Präparaten aus den Samenblasen des Regenwurmes findet man schon mit schwacher Vergrößerung (etwa Objektiv A, Zeiss) große kugelige Cysten, eventuell vereinzelte freie Gregarinen (Fig. 69). Letztere sind langgestreckte schmale Zellen mit einem großen Kern im vorderen Körperteil. Die Ober-

fläche scheint oft wie mit Cilien besetzt, doch handelt es sich nur um ansitzende Spermatozoen (Fig. 69). Eine Trennung des Körpers in Proto- und Deutomerit ist nicht vorhanden, das bildet das Hauptcharakteristikum der Gattung *Monocystis*. Die im Regenwurmhoden vorkommenden Gregarinen gehören verschiedenen Arten der Gattung *Monocystis* an, die sich im vegetativen, freien Stadium unterscheiden lassen. Da sie aber im encystierten Zustand nicht gut auseinander zu halten sind und die freilebenden Formen relativ selten zur Beobachtung gelangen, so wollen wir auf die Unterscheidungsmerkmale der einzelnen Arten verzichten.

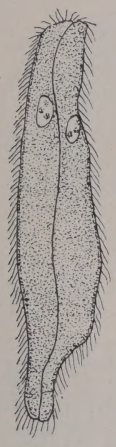


Fig. 69.

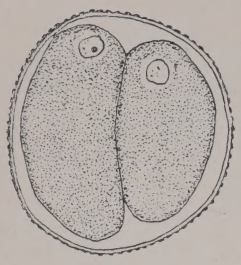


Fig. 70.

Fig. 69. **Monocystis** spec. Zwei aneinanderliegende freie Gregarinen. Beginn der gemeinsamen Encystierung. Vergr. 37 : 1. Nach Cuénot.

Fig. 70. **Monocystis** spec. Junge Cyste mit zwei Individuen. Vergr. 37 : 1. Nach Cuénot.

Die häufig zur Beobachtung gelangenden Cysten finden wir in den verschiedensten Stadien der Gametenbildung (Gametogonie), Befruchtung und darauffolgenden Sporogonie. Die sich dabei abspielenden Vorgänge, die hier der Reihe nach beschrieben werden sollen, können in den Präparaten zum großen Teil meist nebeneinander beobachtet werden; dabei sind selbst Details am lebenden Präparat gut zu erkennen. Man suche die einzelnen Stadien möglichst in der richtigen Reihenfolge bei schwacher Vergrößerung auf und studiere sie hierauf genauer mit der Immersion.

Als Vorbereitung zur Encystierung legen sich zwei freie Gregarinen mit den Längsseiten aneinander (Fig. 69), runden sich ab und scheiden eine gemeinsame Hülle aus (Fig. 70). Der Kern einer jeden löst sich nun auf. Der größte Teil des Inhaltes (Karyosom) wird als rein somatisches Material zerstreut, aus einem kleinen Teil bildet sich ein neuer kleiner Geschlechtskern, der sich sofort karyokinetisch teilt. Durch weitere fortgesetzte Mitosen (Fig. 71 A, B) entsteht eine große Anzahl kleiner Kerne, die an die Peripherie wandern (Fig. 71 C, D). Daraus entstehen kleine Zellen, indem sich um jeden Kern eine kleine Portion Protoplasma abfurcht (Fig. 71 C—E), während der größte Teil der früheren Gregarine als degenerierender, unregelmäßiger, meist grobvakuolisierter Restkörper übrig bleibt, der auch das degenerierende somatische Chromatin (bei anderen Formen ausgebildete somatische Kerne) enthält (Fig. 71 C, D, E).

Die an der Oberfläche entstandenen Zellen sind Gameten, und zwar in diesem Falle Anisogameten von sehr geringem Unterschiede, so daß sie meist als Isogameten erscheinen (bei anderen Formen gibt es ausgesprochen männliche und weibliche Gameten). Die vorausgegangene Vermehrungsweise ist daher eine geschlechtliche Fortpflanzung, eine Gametogonie. Die Reduktion der Kerne vollzieht sich durch die letzten zur Gametenbildung führenden Kernteilungen, wodurch die Zahl der Chromosomen auf die Hälfte reduziert wird. Je zwei scheinbare Isogameten, die aber von verschiedenen

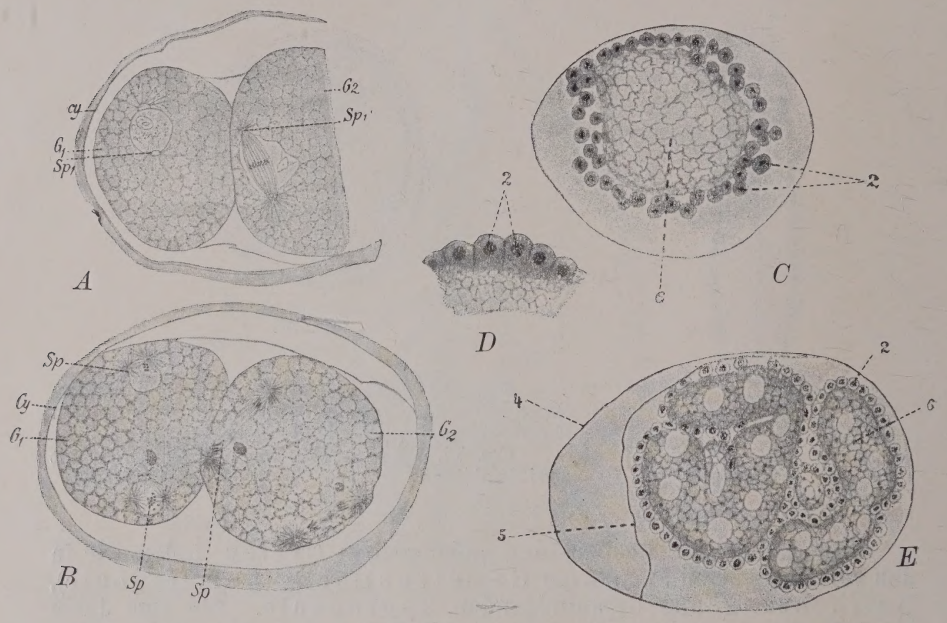


Fig. 71. **Monocystis agilis** F. Stein und **magna** Schmidt (aus dem Regenwurmhoden). Verschiedene Stadien der Gametenbildung. A und B Schnitte durch die beiden Gameten (G_1 u. G_2) nach erfolgter Encystierung, bei A mit der ersten (Sp_1), bei B mit späteren Mitosen (Sp). C und E fortgeschrittene Stadien der Gametenbildung, D Fragment der Oberfläche (schematisch). Die Gameten im Begriffe, sich zu individualisieren. *2* Kerne, *4* äußere, *5* innere Cystenhülle, *6* Restkörper. A und B nach Cuénot aus Doflein, C—E nach Wolters aus Lang.

Eltertieren abstammen, verschmelzen nun zusammen (Fig. 72 a—e), und zwar zunächst nur das Protoplasma, dann die Kerne (Karyogamie, Fig. 72 c, d). Die so entstandene Copula oder Zygote wird spindelförmig, umgibt sich hierauf mit einer doppelten Hülle und wird dadurch zur Sporocyste oder Pseudonavicelle (Fig. 72 f). Der Inhalt der Sporocyste, der Sporoblast, zerfällt, nachdem sich der Kern auf mitotischem Wege auf 8 Tochterkerne vermehrt hat, in die gleiche Anzahl segmentweise angeordneter Sporozoiten unter Hinterlassung eines kleinen Restkörpers. Innerhalb der Gregarinencyste vollzieht sich also einerseits die Gametogonie, d. h. die Ausbildung der Gameten und die Befruchtung, und andererseits eine ungeschlechtliche Vermehrung in der Sporocyste, die der Sporogonie der Coccidien entspricht.

Der große Restkörper, der bei der Bildung der Gameten zurückgeblieben ist und aus Protoplasma und degenerierendem somatischen Kernmaterial besteht, kann durch sein großes Quellungsvermögen unter besonderen Verhältnissen die Cyste sprengen und dadurch die Entleerung der Sporocysten bewirken.

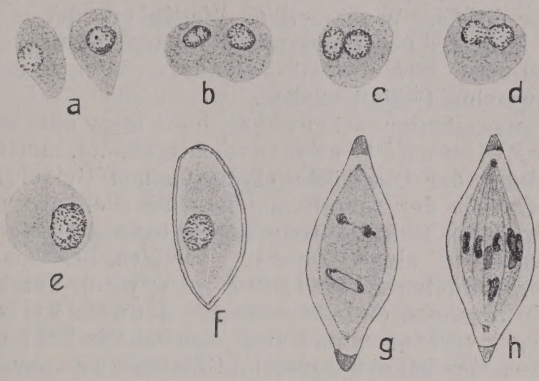


Fig. 72. **Monocystis** spec. Befruchtung und Sporogonie. a—c Verschmelzung der Isogameten, d und e Karyogamie, f—h Bildung der 8 Sporozoiten in der Sporocyste (Sporogonie). Vergr. ca. 1200 : 1. Nach Cuénot.

Wie schon erwähnt, können schon am lebenden Objekt Vorgänge der Gametogonie und Befruchtung beobachtet werden, besonders bei guter Orientierung der Cysten, die man durch Rollen des Deckglases erzielen kann. Die Kernteilung bei der Gametogonie und Sporogonie muß an Schnittpräparaten studiert werden.

Die reifen Sporocysten gelangen entweder beim Entleeren der Geschlechtsprodukte oder aber (meistens) erst nach dem Tode der Regenwürmer ins Freie und vollziehen die Neuinfektion.

Literatur über Gregarinen.

Cuénot *(1901), Recherches sur l'évolution et la conjugaison des Grégarines. In: Arch. Biol., Vol. 17.*

VII. Ciliata.

Allgemeines.

Die Ciliaten sind in vieler Beziehung die höchstdifferenzierten Formen unter den Protozoen, die mit den verschiedensten Organellen ausgestattet sein können. Ihr hervorstechendstes Merkmal, das ihnen auch den Namen gegeben hat, ist die große Anzahl von Wimpern oder Cilien, die in mannigfachster Weise angeordnet sind und dadurch wichtige Anhaltspunkte für die Systematik der Ciliaten abgeben. Sie dienen der Bewegung und Nahrungsaufnahme, besitzen wie die Geißeln

der Flagellaten einen vermutlich elastischen Achsenfaden und eine dünne protoplasmatische Hülle und sind durch Basalkörper im Ektoplasma inseriert.

Die Ciliaten haben sämtlich eine bestimmte Körpergestalt, die durch eine Verdickung und Erhärtung der Zelloberfläche bedingt ist, der sog. Pellicula. Die ametabolen Formen sind vollkommen unveränderlich infolge panzerartiger Festigkeit der Pellicula. Die metabolen Formen mit biegsamer Pellicula können, wenn sie auf Hindernisse stoßen, ihre Gestalt verändern, kehren jedoch darnach wieder zur normalen Gestalt zurück.

Zur Nahrungsaufnahme ist gewöhnlich ein mehr oder minder kompliziert gebauter Zellmund (Cytostom) ausgebildet, meist eine trichterartige Einsenkung der Oberfläche (Pellicula und Geißeln) ins Körperinnere. Am Grunde der Einsenkung fehlt die Pellicula und hier wird die hineingestrudelte, feste Nahrung ins Protoplasma aufgenommen und in Nahrungsvakuolen eingeschlossen. Vielfach besitzen die Ciliaten auch einen vorgebildeten Zellafter (Cytopyge), durch den die unverdauten Nahrungsreste entleert werden. Kontraktile Vakuolen sind in der Regel vorhanden und zwar konstant in Zahl und Lagerung.

Stets finden sich bei den typischen Ciliaten zwei physiologisch verschiedene Kerne, ein großer intensiv färbbarer Makronucleus oder Großkern und ein kleiner Mikronucleus oder Kleinkern. Letzterer ist der Geschlechtskern, ersterer der somatische Kern. Der Kerndualismus ist hier also dauernd. Makro- und Mikronucleus sind entweder in der Einzahl oder zu mehreren vorhanden.

Die Fortpflanzung ist stets eine Querteilung, wobei sich zuerst der Mikronucleus durch eine eigentümliche Mitose teilt, hierauf der Makronucleus durch einfache Zerschnürung. Vielfach werden die Zellorganoide, Zellmund, After, kontraktile Vakuole etc. von einem Kindindividuum übernommen und nur in dem anderen neugebildet, zum Teil schon vor der Teilung, in anderen Fällen werden sie vor der Teilung eingeschmolzen und dann in beiden Kindindividuen neugebildet.

Die Befruchtung ist stets eine Konjugation (s. Allgemeiner Teil S. 9), was zusammen mit dem Kerndualismus ein wichtiges Merkmal der Klasse der Ciliaten vorstellt. Bei der Konjugation geht der somatische Makronucleus zugrunde und wird nach der Karyogamie aus den Syncarien durch mannigfache Teilungen wieder neugebildet. Die Bildung von einfachen Schutzcysten (ohne weitere Beziehung zur Fortpflanzung und Befruchtung) ist sehr verbreitet.

Technische Bemerkungen.

Material. Wir beschränken uns auf das Studium der Ciliatenformen, die wir im Enddarm und der Kloake unserer Frösche finden und die den beim Menschen vorkommenden sehr nahestehen, sowie des *Balantidium coli* aus dem Schweinedarm. Bei Öffnung des Enddarmes eines Frosches kann man in der Regel schon mit bloßem Auge weißliche, lebhaft bewegliche Pünktchen erkennen. Zur Lebenduntersuchung bringt man mit einer Öse etwas Darminhalt in einen Tropfen physiologischer Kochsalzlösung. Da die Ciliaten ihrer heftigen Bewegung wegen die Beobachtung sehr erschweren, empfielt es sich, eine schwache Gelatine- oder Kirschbaumharzlösung zuzusetzen, um das Medium zu verdicken.

Für gewöhnliche diagnostische Zwecke genügt neben der Lebenduntersuchung die Herstellung von Deckglasausstrichen, die man in der bekannten Weise sofort auf heißer Hermannscher Flüssigkeit oder Sublimat-Alkohol fixiert und mit Boraxkarmin oder Hämatoxylin färbt.

Zum Studium der feineren Kern- und Plasmaverhältnisse reichen die Totalpräparate nicht aus, man muß daher Schnitte herstellen. Am besten zentrifugiert man dazu eine größere Menge von Parasiten sofort in der Fixierungsflüssigkeit aus und behandelt unter jedesmaliger Zentrifugierung weiter bis zur Einbettung. Die aufgeklebten Schnitte färbt man am besten mit Heidenhains Eisenhämatoxylin.

Spezieller Kurs.

Opalina ranarum (Purkinje et Valentin).

Untersuchen wir Enddarm und Kloake des Frosches auf Parasiten, so fallen uns vor allem große, an der ganzen Oberfläche mit gleichmäßigen Cilien bedeckte Zellen in die Augen. Dieselben gehören der Gattung *Opalina* an. Obwohl sie eine ganz gesonderte Stellung unter den Ciliaten einnehmen, wollen wir sie doch wegen des auffälligen Vor-

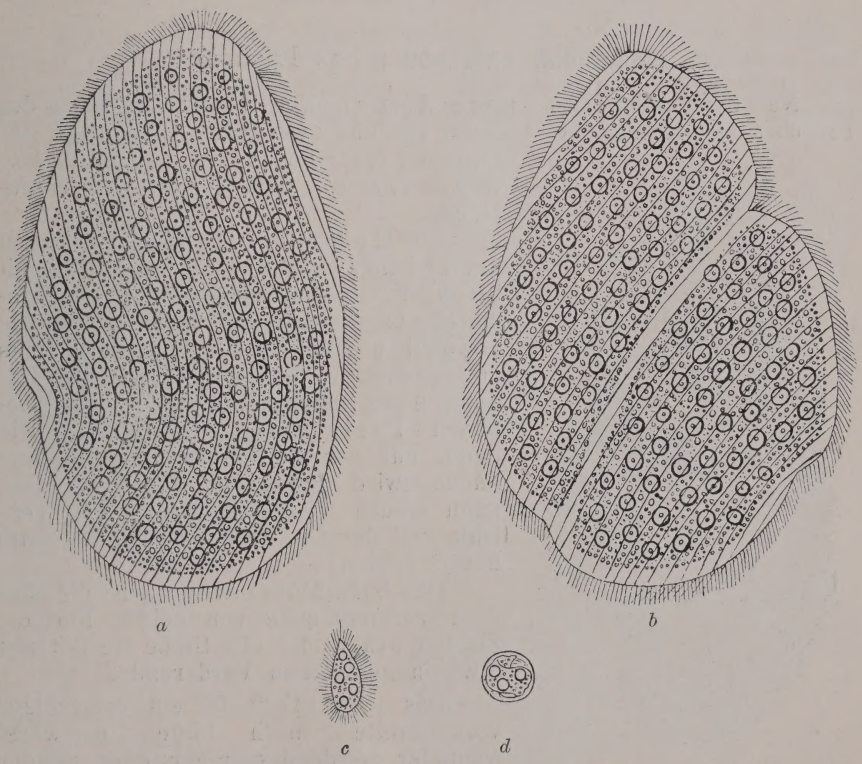


Fig. 73. **Opalina ranarum** (Purkinje et Valentin). a Erwachsenes Tier mit zahlreichen bläschenförmigen Kernen, b das gleiche in schiefer Zweiteilung begriffen, c durch fortgesetzte Teilung entstandenes kleines, wenigkerniges Individuum (Gamont), d ein solches encystiert. Aus Doflein nach Zeller.

kommens an dieser Stelle kurz erwähnen. Die häufigste Form, *Opalina ranarum,* ist ziemlich groß (500—800 μ). Der Körper ist stark abgeplattet, nach vorn etwas verjüngt, hinten abgerundet (Fig. 73a). Die linksseitige Kontur ist leicht eingekerbt, die Oberfläche deutlich schräg gestreift. Im Entoplasma findet sich eine große Anzahl bläschenförmiger gleichartiger Kerne, die in vivo als stärker lichtbrechende Scheiben erscheinen. Mund, After und kontraktile Vakuole fehlen. Die Vermehrung der erwachsenen Form erfolgt durch eine meist schiefe Zweiteilung (Fig. 73b).

Die Gattung unterscheidet sich durch den Bau der Kerne und das Fehlen der Doppelkernigkeit von allen übrigen Ciliaten. Neuerdings hat sich herausgestellt, daß der Organismus auch in seiner Entwicklung, bei der eine Kopulation kleiner Anisogameten vorkommt, sich ganz von den übrigen Ciliaten entfernt. Auf die sehr interessante Entwicklung können wir hier nicht genauer eingehen.

Es sei nur erwähnt, daß die im Frühjahre zu findenden kleinen, wenigkernigen Formen von 40—50 μ Länge (Fig. 72c), die aus den großen Individuen durch rasch folgende Teilungen hervorgehen, und die kleinen kugeligen Cysten (Fig. 73d) im Zusammenhang stehen mit einer geschlechtlichen Fortpflanzung (Gametogonie). Die Cysten dienen zugleich der Neuinfektion.

Balantidim entozoon (Clap. Lachm.).

Neben der eben kurz besprochenen *Opalina* kommen im Darm des Frosches noch zwei echte Ciliaten vor und zwar zwei Angehörige der Ordnung Heterotricha, nämlich *Balantidium entozoon* und *Nyctotherus cordiformis.*

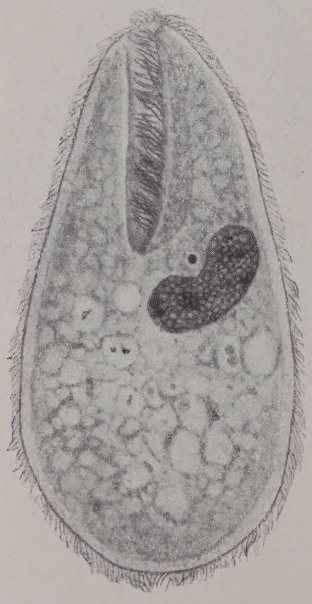


Fig. 74. **Balantidium entozoon** (Clap. Lachm.). Nach fixiertem und gefärbtem Präparat. Vergr. ca. 650 : 1. Original.

Die Heterotricha besitzen neben der gleichmäßigen Bewimperung eine mit besonders großen Cilien oder Membranellen ausgestattete adorale Zone, die gewöhnlich einen von rechts nach links gewundenen Verlauf nimmt und zur Bildung eines mehr oder minder umschriebenen Peristomfeldes führt. Die Seite, auf der sich Mund und Peristom finden, wird Bauchseite genannt. Man kann sonach an diesen Formen eine ventrale und dorsale, rechte und linke Seite unterscheiden.

Das *Balantidium entozoon* ist die häufiger vorkommende von beiden Formen. Sie hat ovale oder elliptische Gestalt mit etwas abgestutztem Vorderende.

Das Peristom ist ein dreieckiges vorn breites, nach hinten oralwärts schmäler werdendes, mehr oder minder riemenartig vertieftes Feld, das sich in einen sehr kurzen Schlund fortsetzt (Fig. 74).

Der Körper ist deutlich längsgestreift (Fig. 74), die Oberfläche gleichmäßig mit kurzen Cilien bedeckt. Unter der Pellicula, der verdickten Zelloberfläche, findet sich zunächst eine deutliche ektoplasmatische Alveolarschicht, dann erst folgt das mit allerhand Nahrungs- und Stoffwechselsprodukten (Schleim, Fetttropfen) erfüllte Entoplasma. Bei *Balantidium entozoon* finden sich vier kontraktile Vakuolen, deren Spiel im Leben deutlich beobachtet werden kann.

Der Makronucleus (somat. Kern) ist bei dem Frosch-*Balantidium* nierenförmig und enthält viel chromatische Substanz, die staubartig im Wabenwerk (Liningerüst) verteilt ist. Der Mikronucleus (Geschlechtskern) ist klein, kugelig und bläschenförmig und liegt meist in der Ausbuchtung des Makronucleus. Die Länge des Tieres beträgt 60—100 μ, die Breite 50—70 μ.

Die Vermehrung ist die für Ciliaten charakteristische Querteilung im freien Zustande. Auch Konjugationszustände sind beobachtet worden.

Die Dauercysten sind kugelig und von einer festen Membran umgeben.

Balantidium coli (Stein).

Hier sei gleich die Beschreibung des *Balantidium coli* eingefügt. Diese *Balantidium*-Art findet sich sehr häufig im Mastdarm des Schweines. Eine davon nicht zu unterscheidende, vermutlich die gleiche Form kommt, besonders in Ostasien, aber auch in Ostpreußen

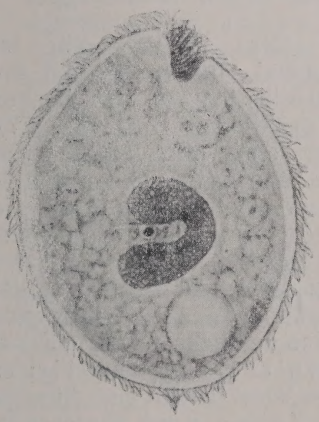


Fig. 75.

Fig. 75. **Balantidium coli** (Stein). Nach fixiertem und gefärbtem Präparat. Vergr. ca. 650:1. Original.

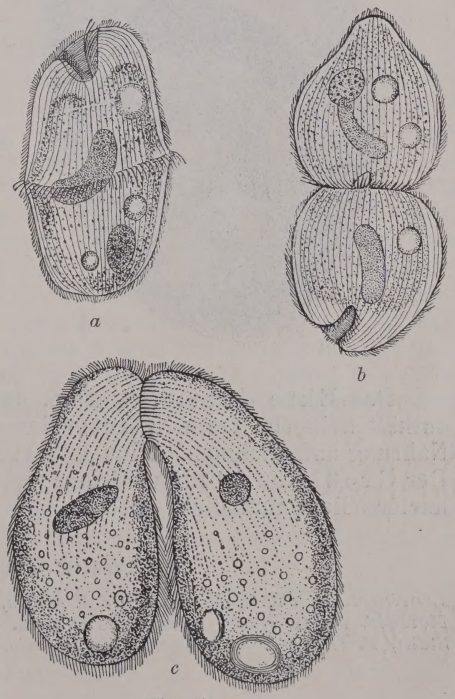


Fig. 76. **Balantidium coli** (Stein). Aus dem Darm des Menschen. a und b Teilungsstadien, c Konjugationsstadium. Nach Leuckart aus Doflein.

und Rußland, auch beim Menschen vor und ruft eine Enteritis hervor mit ähnlich pathologisch-anatomischem Bild wie die Amöben-Dysenterie. *Balantidium coli* ist etwas kleiner als *Bal. entozoon* und mehr oval mit ganz wenig abgestutztem Vorderende. Das Peristom ist sehr kurz (Fig. 75 u. 76a). Der sonstige Bau des Körpers ist der gleiche wie bei *Bal. entozoon*, doch finden sich nur 2 kontraktile Vakuolen, deren Spiel im Leben beobachtet werden kann.

Der Makronucleus ist nierenförmig, aber in der Regel viel stärker gebogen als bei *Bal. entozoon*, fast zweischenklig, der Mikronucleus liegt in der Ausbuchtung zwischen den beiden Schenkeln.

Die Vermehrung geschieht durch Querteilung (Fig. 76a und b). Auch hier kommt Konjugation (Fig. 76c) sowie Bildung von Dauercysten vor, welch letztere der Neuinfektion dienen.

Nyctotherus cordiformis (Ehrenberg).

Die Gestalt dieser selteneren Form aus dem Froschdarm ist leicht nierenförmig, die linke Seite etwas gewölbter als die rechte, was leider bei unserer Abbildung nicht ganz hervortritt.

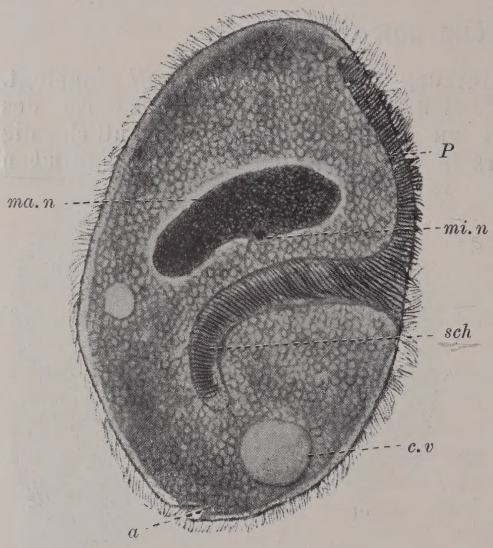


Fig. 77. **Nyctotherus cordiformis** (Ehrenberg). *P* Peristom, *sch* Schlund, *ma.n* Makronucleus, *mi.n* Mikronucleus, *c.v* kontraktile Vakuole, *a* Afterröhre. Nach fixiertem und gefärbtem Präparat. Vergr. ca. 430:1. Original.

Das Peristom ist schmal rinnenartig und erstreckt sich von vorn bis zur Körpermitte (vgl. Fig. 77). An seinem linken Rand weist es eine Reihe längerer adoraler Wimpern auf, die sich bis in den Schlund erstrecken. Der Schlund ist lang und sichelartig gekrümmt. Am Hinterende eine deutliche Afterröhre.

Das Ektoplasma ist dünn, das Entoplasma grobmaschig; es enthält keinerlei feste Nahrungselemente, das Tier scheint nur flüssige Nahrung aufzunehmen. Eine kontraktile Vakuole am Hinterende. Der Großkern ist nierenförmig und der kleine bläschenförmige Mikronucleus liegt ihm dicht an.

Literatur über Ciliaten.

Leuckart, R. *(1886), Parasiten des Menschen, 2. Aufl., Bd. 1.*
Metcalf, M. M. *(1909), Opalina. In: Arch. Protistk., Bd. 13.*
Stein, F. *(1867), Der Organismus der Infusionstiere, Bd. 2.*

VIII. Spirochaetoidea.

Allgemeines.

Die Spirochäten bilden eine Gruppe einzelliger, flagellatenartiger Organismen, die durch die schlanke, aalartige oder spiralige Gestalt auffallen. Vielleicht handelt es sich überhaupt nicht um eine systematisch einheitliche Gruppe; ihre Protozoennatur wird vielfach in Zweifel gezogen, und eine endgültige Einreihung im System ist zurzeit noch nicht möglich. Einige Vertreter weisen event. entfernte Beziehungen zu *Trypanosoma*-ähnlichen Flagellaten auf, manche könnten vielleicht in Anbetracht der Kernverhältnisse und geringen Größe als eine Etappe auf dem phylogenetischen Wege, der von den Flagellaten zu den Bakterien hinüber leitet, betrachtet werden.

Daß die Spirochäten tierische Protisten sind, geht sowohl aus ihrer ausgedehnten Flexibiltät und Formveränderlichkeit bei der Bewegung (eine Folge des Fehlens einer festen Membran, im Gegensatz zu den Spirillen), sowie aus anderen bisher bekannten morphologischen und biologischen Verhältnissen hervor. Von einer Form konnte nachgewiesen werden, daß sie nur ein bestimmtes Entwicklungsstadium von *Leucocytozoon ziemanni* darstellt, also überhaupt nicht zur Gruppe gehört. Bei anderen größeren Formen läßt sich ein *Trypanosoma*-artiger Bau erkennen. Der Unterschied besteht neben der ungemein schlanken, an die Mikrogameten von *Haemoproteus* und *Plasmodium* erinnernden Gestalt, hauptsächlich in dem in Chromidien aufgelösten oder zu einem Kernstab ausgezogenen Kern, der sich durch die ganze Längsachse des Tieres erstreckt. Auch fehlt vielfach eine freie Geißel. Eine Saumgeißel resp. der Randfaden einer Art undulierender Membran (Periplast) ist dagegen in vielen Fällen nachzuweisen, nur wird er vielfach anders gedeutet. Bei den kleineren Arten ist die undulierende Membran (resp. der Periplast mit dem Randfaden) wegen der geringen Breite der Individuen (etwa $^1/_4$ µ) schwer zu sehen, oft ist nur der Randfaden mittels Mazeration zur Darstellung zu bringen. Wenn man sich den Bau dieses Zellorgans vergegenwärtigt, wie wir ihn bei *Trypanosoma* und *Haemoproteus* kennen gelernt haben, so leuchtet ein, daß, je weniger der Randfaden ausgebildet ist, desto geringer auch die als undulierende Membran erscheinende Plasmalamelle hervortritt, bis der Randfaden direkt dem Körper anliegt und eine undulierende Membran dann schließlich völlig fehlt. Der Nachweis elastischer Fasern genügt daher an sich schon zur Auffassung der Spirochäten als flagellatenartige Protozoen (im Gegensatz zu den starren, eine feste äußere Membran besitzenden Spirillen und anderen Bakterien).

Als formgebendes Element kommt bei den Spirochäten der ganze Innenkörper in Betracht, der durch die gleichmäßige Verteilung des Chromatins große Festigkeit erlangt. Die Vermehrung geschieht vorwiegend durch Querteilung; doch ist auch Längsteilung beobachtet.

Man teilt neuerdings die Spirochäten nach morphologischen und biologischen Gesichtspunkten in eine Anzahl von Gattungen: *Spirochaeta* (freilebend im Süßwasser), *Cristispira* (parasitisch in Muscheln), *Spirosoma* (*Spironema*) und *Treponema* (parasitisch bei Wirbeltieren, Insekten etc.). Die letzteren sind teils pathogene Blutparasiten, wie das *Spirosoma obermeieri,* der Erreger des Recurrensfiebers beim Menschen, teils mehr Gewebeparasiten, wie die Syphilisspirochäte, das *Treponema pallidum,* teils harmlose Saprophyten, wie die Mundspirochäten etc.

Technische Bemerkungen.

Material. Zu diesem Kurs benötigen wir einige frische Austern, die fast stets im Magen (Kristallstiel) reichlich eine große Spirochätenart, die *Cristispira balbianii* (Certes), enthalten. Sind frische Austern nicht zu bekommen, so verschaffe man sich Flußmuscheln (*Anadonta*), die eine ähnliche Form, die *Cristispira anadontae*, beherbergen. Man trennt die Schließmuskeln der Muschel, klappt die Schalenhälften auseinander und führt mit einem scharfen Skalpell einen Längsschnitt von vorn nach hinten durch die Muschel, wodurch der Magen mit dem Kristallstiel freigelegt wird. Aus dem letzteren entnehme man mit der Öse Material zur Lebenduntersuchung und zur Herstellung von Dauerpräparaten.

Als zweites Untersuchungsmaterial dient uns der Zahnschleim des Menschen, der mehrere Arten von Spirochäten enthält. Entnahme wie bei den Mundamöben (S. 22).

Ferner verschaffe man sich Deckglasausstriche und wo möglich frische Deckglaspräparate von einem syphilitischen Primäraffekt (am besten aus dem Reizserum) und Ausstriche aus syphilitischen inneren Organen, sowie in Formol konserviertes Material von syphilitischen Organen.

Herstellung der Präparate. Zur Lebenduntersuchung bringt man das Material, wenn nötig, in einen kleinen Tropfen physiologischer Kochsalzlösung, deckt mit Deckglas ab, das man sofort mit Vaseline oder Wachs umrandet, da die meisten Spirochäten streng anaërob sind. Im Leben sind die einzelnen Arten am sichersten zu unterscheiden, und zwar am besten bei Dunkelfeldbeleuchtung oder in Tuscheemulsion, wobei die Spirochäten hell auf dunkelm Untergrund hervorleuchten. Bei gewöhnlicher Beleuchtung sind die feineren Arten *Spirosoma dentium* und *Treponema pallidum* schwerer und nur mit starken Vergrößerungen (Apochr.-Obj. 2 mm und Komp.-Ok. 8 oder 12) zu erkennen.

Für Dauerpräparate macht man dünne Ausstriche, läßt dieselben rasch lufttrocken werden und fixiert dann 10 Min. in absolutem Alkohol. Besser jedoch streicht man das Material auf Deckgläser aus, die vorher Osmiumdämpfen ausgesetzt waren, und bringt die Ausstriche nochmals auf einige Sekunden über Osmiumdämpfe. Hat man reichliches Material (Mundspirochäten), so empfiehlt sich auch folgende Methode: Man bringt es in einen Tropfen Osmiumsäure (1 %) und macht hiervon mit der Normalöse dünne Ausstriche, die man rasch hoch über der Flamme trocknet.

Die Färbung geschieht: 1) nach Giemsa (s. S. 15), Färbedauer 1—24 Stunden. Besonders für Organausstriche ist lange, eventuell mehrmalige Färbedauer nötig (24 Stunden und mehr). Sehr schnell und intensiv gefärbte Spirochäten (auch *Trep. pallidum*) erhält man inkl. Härtung in 3—4 Min., wenn man die Färbung durch schwaches Erhitzen des mit frischer Lösung begossenen Präparates vornimmt.

2) Geißelfärbung nach Löffler (nur für Ausstriche mit reinem Untergrund [Mundspirochäten und *Trep. pallidum* aus Reizserum, nicht aus inneren Organen] anwendbar). Beizung mit der Löfflerschen Beize 2 Min. über der Flamme, dann tüchtige Abspülung mit Wasser. Hierauf Färbung mit Karbolfuchsin über der Flamme, bis Dämpfe aufsteigen, Abspülen, Trocknen und Einbetten in Zedernöl.

Nach Giemsa-Färbung erscheinen die Spirochäten blau bis hellrot (*Trep. pallidum*); nach Löfflers Geißelfärbung dunkelrot. In Organausstrichen (Leber, Milz etc.) ist *Trep. pallidum* häufig blasser gefärbt als der Untergrund und dann nur bei großer Übung (in dunklem Zimmer) zu sehen.

Zur Darstellung des Randfadens der undulierenden Membran kann man statt in Osmiumsäure das Material in einem Tropfen destillierten Wassers verteilen, dann ausstreichen, antrocknen und fixieren, wodurch eine leichte Mazeration erzielt wird.

Zur Darstellung der Spirochäten in Gewebsschnitten (speziell des *Treponema pallidum* in syphilitischen Organen) verfährt man nach der Silbermethode von Levaditi in folgender Weise. Man verwende dazu kleine, höchstens 2 mm dicke Organscheibchen.

1. Fixieren in Formalinlösung 24 Stunden oder länger (1+9 Wasser). Älteres und anders konserviertes Material bringt man gleichfalls 24 Stunden in frische Formalinlösung.
2. Überführen in 96 % Alkohol auf 12—16 Stunden.
3. Waschen in destilliertem Wasser, bis die Scheiben zu Boden sinken (Wasser mehrmals wechseln).
4. Imprägnieren in folgender, jedesmal frisch zu bereitender Mischung: 90 ccm 1 % Silbernitratlösung + 10 ccm reinstes Pyridin. Die Stücke bleiben darin bei Zimmertemperatur 2—3 Stunden und hierauf noch 3—5 Stunden im Thermostaten bei 45—50°. (In dunkler, gut 100 ccm fassender Flasche mit Glasstopfen.)
5. Rasches Abwaschen in 10 % Pyridinlösung.
6. Reduktion einige Stunden oder über Nacht in folgender stets frisch zu bereitender Mischung von: 90 ccm 4 % Pyrogallollösung und 10 ccm reines Aceton. Zu 85 ccm dieser Mischung noch 15 ccm Pyridin.

Nach Abspülen in Wasser führt man durch Alkoholstufen und Xylol, bettet in Paraffin ein und fertigt Schnitte von 5—10 μ Dicke. Die Spirochäten erscheinen im Schnitt schwarz in hell-gelbbraunem Gewebe.

Kultur: Das *Spirosoma dentium* und *Trep. pallidum* (neuerdings auch andere Arten) sind auch rein kultivierbar, und zwar anaërob (vgl. hierzu I. Teil, Übung XX, S. 67 etc.), in Serum oder Ascitesagar. Man impft mit langer Platinnadel aus einer kurz zuvor in Serumbouillon angelegten Verdünnung des Ausgangsmaterials die auf 40—42° abgekühlten Serumagarröhrchen (2 Teile Agar und 1 Teil Serum) und mischt gut; mit derselben Nadel wird noch eine weitere Verdünnung angelegt, um möglichst isolierte Kolonien in der Schüttelkultur zu erhalten. Hierauf läßt man die Röhrchen sofort in kaltem Wasser erstarren. Nach 9—12-tägigem Verweilen bei 37° untersucht man die verdächtigen Kolonien und macht von den eventuellen Spirochätenkolonien Stichagarkulturen. Die Spirochätenkolonien erscheinen in

den ersten Generationen erst sehr spät, nach 8—10 Tagen. Die einzelne Kolonie zeigt sich als eine äußerst feine, hauchartige, schwer sichtbare Trübung, welche bisweilen eine kleine zentrale Verdichtung erkennen läßt.

Spezieller Kurs.

Cristispira balbianii (Certes).

Diese große Form kommt im Magen der Auster, hauptsächlich im sog. Kristallstiel vor. Die Gestalt ist schlank fadenförmig mit abgerundeten Enden, dabei meist flach spiral gewunden und bandartig abgeplattet. Sie besitzt eine Länge von 26—180 μ, bei einer Breite von 0,5—3 μ. Die Bewegung ist schraubenartig schlängelnd, und zwar in gleicher Weise vor- wie rückwärts. Dabei kommen starke Gestaltsveränderungen vor, die sich mit dem Ausschnellen und Zusammenziehen einer Uhrfeder vergleichen lassen und wobei die Zahl und Form der Windungen verändert werden. Auch seitlich pendelnde Bewegungen, sowie Aufrollung eines Körperendes lassen sich beobachten. Die gestreckte Gestalt ist wohl bedingt durch den elastischen Innenkörper, die charakteristische Bewegung durch dessen Antagonismus zu dem aktiv kontrahierbaren Periplast (undulierenden Membran).

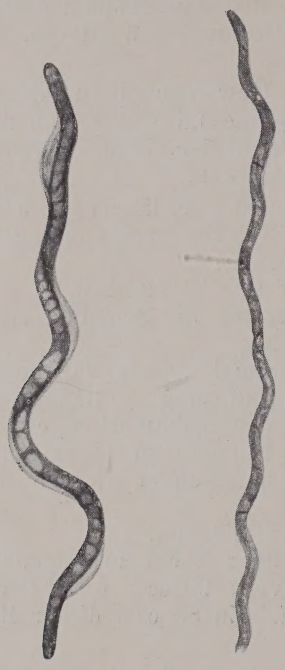


Fig. 78. **Cristispira balbianii** (Certes). a Individuum mit sog. undulierender Membran, b Individuum in Querteilung. Giemsa-Färbung. Vergr. ca. 950:1. Nach Hölling.

Der Randfaden der sog. undulierenden Membran (Fig. 78a), die hier im Leben wie im gefärbten Präparat deutlich hervortritt, setzt sich nicht in eine freie Geißel fort. Bei manchen Individuen fehlt die undulierende Membran; sie ist sehr hinfällig, der Randfaden löst sich leicht vom Körper los und kann in eine Anzahl feinerer Fasern zerfallen.

Der Innenkörper besteht aus einem kammerartig gebauten Plasma, dessen Kammerwände mit Chromatin imprägniert zu sein scheinen (Fig. 78a). Manchmal wird dadurch das Bild einer Chromatinspirale im Innenkörper hervorgerufen. Ein eigentlicher Kern ist nicht zu beobachten. Die Vermehrung vollzieht sich durch Querteilung. An einer Kammerwand, die sich zuvor verdickt, schnürt sich der Innenkörper ein und teilt sich hierauf durch (Fig. 78b). Das Verhalten des Randfadens bei dieser Teilung ist nicht genau bekannt. Er scheint vorher eingeschmolzen und dann wieder neu gebildet zu werden.

Spirosoma (**Spironema**) **buccale** (Cohn) und **dentium** (Koch).

Im Zahnbelag des Menschen und der Tiere finden sich stets zwei (vielleicht auch mehr) Arten von Spirochäten; die größere wird *Sp. buccale,* die kleine (auch rein kultivierbare) *Sp. dentium* genannt.

Das große *Spirosoma buccale* (Fig. 79a) besitzt flache unregelmäßige Windungen und ist an den Enden entweder abgerundet oder zugespitzt. Die Länge des bandartig abgeplatteten Körpers beträgt 12—20 μ, die Breite 0,5—1 μ (bei Löffler-Färbung). Die Windungen sind häufig ziemlich regelmäßig, während der Bewegung ändern sie sich ungemein. Die Bewegungen sind die gleichen wie bei der *Cristispira balbianii.* Im gefärbten Präparate finden sich die verschiedensten Bewegungszustände fixiert. Eine sog. undulierende Membran ist bei dieser Form nur manchmal zu sehen (Fig. 79c), doch gelingt es, durch kurze Mazeration vor der Geißelfärbung nach Löffler differenzierte Strukturen nachzuweisen, die so gedeutet werden können.

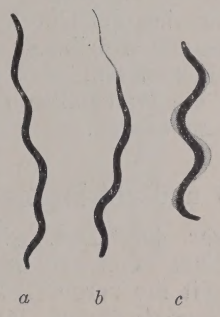


Fig. 79.

Fig. 80.

Fig. 79. **Spirosoma buccale** (Cohn). Geißelfärbung nach Löffler. b Mit geißelartigem Periplastfortsatz, c mit sog. undulierender Membran. Vergr. ca. 2500 : 1. Original.

Fig. 80. **Spirosoma dentium** (Koch). b Mit geißelartigem Periplastfortsatz. Geißelfärbung nach Löffler. Vergr. ca. 2500 : 1. Original.

Manchmal finden sich an einem oder an beiden Enden geißelartige Fortsätze, vermutlich durch Ausziehen des Periplastes bei der Querteilung entstanden (Fig. 79b).

Kernbilder lassen sich nicht nachweisen; gewöhnlich erscheint der ganze Körper nach Giemsa einheitlich rötlichblau gefärbt (innige Mengung von Kern resp. Chromidien und Plasma?); nur selten können einmal rote Chromatin(?)-Körner im blauen Plasma bei Giemsa-Färbung beobachtet werden.

Die Teilung wird meist als Querteilung beschrieben, wobei die Enden, wie schon erwähnt, zu den geißelartigen Periplastfortsätzen ausgezogen werden können. Doch ist auch eine äußerst selten zu beobachtende Längsteilung mit Umklappung der Teilindividuen um 180° und erst später erfolgender, scheinbarer Querteilung beobachtet.

Das *Spirosoma dentium* ist viel kleiner und feiner als das *buccale*; es ist in der Regel 4—10 μ lang und etwa $^1/_4$ μ dick. Diese Art weist im Gegensatz zu dem *buccale* (und übereinstimmend mit *Tr. pallidum*)

auch bei der Bewegung stets regelmäßige Windungen auf. Die Windungslänge beträgt etwa 1,2 μ, die Tiefe derselben $^1/_3$—$^2/_3$ μ in maximo. Die Ortsveränderung erfolgt durch eine Rotation um die Längsachse, nur selten kommen leichte Ausbiegungen des Körpers nach der Seite vor. In der Ruhelage sieht man außerdem lichtbrechende Stellen (undulierende Membran?) wellenartig über den Körper hinziehen, wobei im Gegensatz zum *buccale* die Form und Zahl der Windungen erhalten bleibt.

Sehr häufig werden gegen die Enden zu die Windungen etwas flacher, unter gleichzeitiger Zuspitzung des Körpers der Spirochäte. Diese Zuspitzung kann auch hier in geißelartige Periplastfortsätze übergehen (Fig. 80 b), was jedoch sehr selten zu beobachten ist. Von einer undulierenden Membran oder Periplastfasern, sowie von Kernverhältnissen ist bei dieser Art bis jetzt nichts nachgewiesen. Auf Grund der großen Formbeständigkeit der Art ist man wohl zur Annahme stark ausgebildeter, formbestimmender Elemente gezwungen.

Die Fortpflanzung ist eine Querteilung, vielleicht auch Längsteilung, doch sind unzweifelhafte Bilder der letzteren äußerst selten zu beobachten. Dagegen kann man Stadien der Querteilung (eventuell der um 180° umgeklappten und zusammenbleibenden längsgeteilten Tochterindividuen) öfter zu Gesicht bekommen. Als Zwischenglieder der Teilungsvorgänge sind eventuell die gleichfalls häufiger zu beobachtenden V- und Y-förmigen Bilder zu deuten.

Treponema pallidum (Schaudinn) und **refringens** (Schaudinn).

Treponema pallidum, der Erreger der Lues, gleicht in seiner Morphologie sehr dem *Spirosoma dentium.* Von dem in manchen oberflächlichen, syphilitischen Produkten mit ihr vergesellschafteten *Treponema refringens,* das mehr dem *Sp. buccale* ähnelt, läßt es sich leicht unterscheiden. Jenes (Fig. 81) ist bedeutend dicker, stärker lichtbrechend, besitzt wenige flache Windungen, die sich bei der Bewegung stark verändern, und läßt manchmal eine undulierende Membran erkennen.

Treponema pallidum teilt mit dem *Spirosoma dentium* die Feinheit und schwache Lichtbrechung im Leben, die geringe Färbbarkeit, die Regelmäßigkeit der kurzen Windungen und die Formbeständigkeit derselben bei der Bewegung. Dagegen ist es durchschnittlich länger (10—20 μ) und dabei noch dünner als das *Sp. dentium.* Vor allem aber unterscheidet es sich durch das ihm eigene Verhältnis von Windungslänge zu Windungstiefe und die Größe und Form des Windungswinkels von ihm.

Bei etwa gleicher Länge der Windungen beträgt nämlich ihre Tiefe in der Regel 1—1,5 μ, das Verhältnis also 1 : 1 bis 1 : 1,5 (bei dem *Sp. dentium* dagegen im Durchschnitt 1 : 0,5). Die Winkel der beiden Schenkel einer Windung sind kleiner als 90° und am Ende stark abgerundet, fast halbkreisförmig.

Geißelartige Fortsätze kommen auch bei *Trep. pallidum* vor (Fig. 82). Dieselben sind verhältnismäßig dicker als bei dem *Sp. dentium* und viel häufiger zu beobachten (bei größerer Übung auch im Leben). Die Vermehrung geschieht durch Querteilung, eventuell aber durch Längsteilung, wobei sich zunächst die geißelartigen Fortsätze teilen (Fig. 82 a) und der Körper sich etwas verdickt. In wenigen Sekunden spaltet er sich hierauf von vorn nach hinten

(Fig. 83 a), während sich die beiden Tochterhälften erst durch die scheinbare Querteilung vollständig voneinander trennen (Fig. 83 b). (Die eigentliche Längsteilung ist infolge der Raschheit des Vorganges sehr selten im gefärbten Präparat festgehalten; auch im Leben ist sie nur bei größter Übung zu sehen.)

Fig. 81.

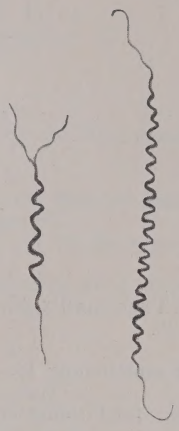


Fig. 82.

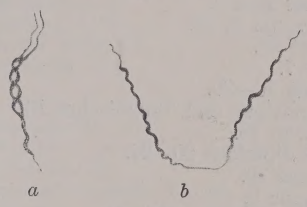


Fig. 83.

Fig. 81. **Treponema pallidum** (Schaudinn) in der Mitte, und **Treponema refringens** (Schaudinn) oben und unten. Vergr. ca. 1900:1. Nach Schaudinn.
Fig. 82. **Treponema pallidum** (Schaudinn) mit geißelartigen Fortsätzen. a Zwei Fortsätze an einem Ende als Beginn der Längsteilung. Nach Schaudinn.
Fig. 83. **Treponema pallidum** (Schaudinn). Zwei Stadien der Längsteilung. Nach Krsysztalowicz u. Siedlecki.

Literatur über Spirochäten.

Gross, J. *(1910), Cristispira nov. gen. Ein Beitrag zur Spirochätenfrage. In: Mitt. Zool. Station Neapel, Bd. 20.*

Hartmann *und* ***Mühlens*** *(1906), Untersuchungen über Bau und Entwicklung der Zahnspirochäten. In: Zeitschr. Hyg. u. Inf., Bd. 55.*

Hölling *(1910), Vergleichende Untersuchungen über Spirochäten und Spirillen. In: Arch. Protistenk., Bd. 21.*

Levaditi *et* ***Marconélian*** *(1906), Nouvelle méthode rapide pour la coloration des spirochaetes en coupes. In: C. R. Soc. Biol., No. 6.*

Schaudinn *(1907), Zur Kenntnis der Spirochaeta pallida und anderer Spirochäten. In: Arb. Kais. Gesundheitsamt, Bd. 26.*

Schellak *(1909), Studien zur Morphologie und Systematik der Spirochäten aus Muscheln. Ibid., Bd. 30.*

Siedlecki *und* ***Krsysztalowicz*** *(1905), Contribution à l'étude de Spirochaeta pallida. In: Bull. Ac. Cracovie, 1905.*

Register.

Achsenfaden 94.
Achsenstab bei Trichomastix 42.
Adorale Zone 96.
Afterröhre 98.
Agametische Fortpflanzung 19.
Agar 17.
Aggregatzustand des Plasmas 5.
Alkohol 3.
Allgemeine Übersicht 5 f.
Alveolärer Bau 5.
Alveolarsaum 5, 38.
Ametabol 94.
Amitose 7.
Amoebina 16—29.
— Allgemeines und Technisches 16.
— Material 16.
Amoeba diploidea 20—22.
— lacertae 19.
Anisogamie 8.
— bei Binucleaten 49.
— bei Bodo 41.
Anopheles 65 f., 69.
Antrocknen 51.
Arbeitsdauer des Praktikums 1.
Argentum nitricum 101.
Außenkern 6.
Ausstrichpräparate 12 u. 13, 17, 50.
Austern 4.
— (Kristallstiel) Spir. balbianii 102.
Austritt von Chromatin 7.
Autogamie 9.
— bei Bodo 41, 42.
— bei Lamblia 48.
— bei Trichomastix 44.
Axialfibrile 42.

Babesia canis 76—79.
Balantidium coli 97, 98.
— entozoon 96, 97.
Bandform von Plasm. malariae 73.
Basalkörper 7, 37.
Befruchtung 8.
— bei A. diploidea 21 f.
— von Plasm. vivax 72.
Befruchtungscysten 10.
Befruchtungsspindel 64, 81.
Befruchtungsvorgänge, Einteilung der 8.
Beize 3.
Beleuchtung 2.
Binucleata 48—79.
Birnformen von Piroplasma 77.
Blepharoplast 7, 37.
— bei Binucleaten 48.
Blutagar 50.
Blutausstriche 12 u. 13.
Blutentnahme 50.
Blutpräparate 13, 15.
Bluttrockenpräparate 15, 50.
Bodo lacertae 39—42.
Boraxkarmin 3, 13.
Bordeaux-Rot 3, 17.

Centriol 6.
Centrosoma 7.
Chemikalien 1.
Chrithidia 51, 53.
Chromatin 6, 7.
Chromidialkörper von Bodo 40.
— von Lamblia 47.
Chromidien 7.
— bei Entamoeba buccalis 23.
— bei Ent. histolytica 27—29.
Chromosomen 7.
Ciliata 93—98.
Ciliaten, Konjugation 9.
Cilien 93.
Cnidosporen 30.
Cnidosporidia 11.
Coccidia 79—88.
Copula oder Zygote 8.
Cornetsche Pinzetten 2.
Cristispira 100.
— balbianii 102.
Culex und Anopheles 65.
Cuticula 89.
Cystenbildung 10.
Cystoflagellata 11.
Cytopyge 98.
Cytostom 38, 43, 44, 98.

Deckglaspräparate 17, 50.
Delafields Hämatoxylin 3, 17.

Deutomerit 89.
Dinoflagellata 11.
Diplosom 37.
Diplozoe Protomonadinen 46.
Doppelbefruchtung 9.
Doppelkernigkeit 7.
— bei Amoeba diploidea 20.
— bei Proteosoma 75.
Dysenterieamöben 26 f.

Eibefruchtung 8.
Eidechsen 4.
Eidechsenparasiten 38.
Eimeria schubergi 79—81.
— stiedae 82—88.
Einzellige Organismen 5.
Eisenhämatoxylin nach Heidenhain 3, 14.
— nach Breinl-Rosenbusch 3, 14.
Eisenoxydammoniumsulfat 3.
Ektoplasma 5.
Elastische Fasern bei Spirochäten 99.
Empfängnishügel bei Coccidien 81.
Encystierung 9.
Endogene Sporenbildung bei Myxosporidien 29.
Entamoeba buccalis 16, 22 u. 23.
— coli 16, 23—25.
— histolytica 26—29.
— muris 25 u. 26.
Entoplasma 5.
Entwicklungszyklus 10.
— von Amoeba diploidea 20 f.
— von Babesia 76—79.
— von Bodo 39 f.
— der Coccidien 79—88.
— von Entamoeba coli 23 f.
— von Haemoproteus noctuae 59 f.
— von Monocystis 90 - 93.
— von Opalina 95 u. 96.
— von Plasmodium vivax 69 f.
— von Sphaeromyxa 30 f.
— von Trypanosoma lewisi 53 f.
Eosin 3, 17.
Epimerit 89.
Epithelschmarotzer (Coccidia) 79 f.
Erdamöben 17.
Euglenoidea 11.
Exkretorganellen 6.

Färbung nach Best 15.
— nach Delafield 3, 13.
— nach Giemsa 14 u. 15, 51.
— nach Heidenhain 3, 14.
— nach Rosenbusch 3, 14.
— mit Safranin-Lichtgrün 14.
— nach der Silbermethode von Levaditi 101.
— nach Weigert 3, 14.
Farblösungen 3, 13—15.
Feuchtfixierung 13.
Fibrilläre Differenzierungen 6.
Fixierungsflüssigkeiten 3, 13.
Flagellata 37—79.
Flagellaten, Autogamie 9.
Flagellatengeißeln 37.
Flexibilität bei Spirochäten 99.
Flöhe als Überträger von Tryp. lewisi 58 u. 59.
Foraminifera 10.
Formbestimmende Elemente bei Trypanosoma 49.
Fortpflanzung 7.
— multiple 8, 38, 55.
Fortpflanzungscysten 10.
Frösche 4, 94 f.

Gameten 8 u. 9.
Gametenbildung bei Haemoproteus 62.
Gametocyten 8.
Gametogonie 9.
Gasglühlicht zum Mikroskopieren 2.
Gegenfärbungen 17.
Geißelapparat bei Trypanosoma 53.
Geißelbeize 3.
Geißeln bei Lamblia 46 u. 47.
Geißelinserierung 37.
Geißelkern 7.
Gelatine 39, 94.
Gelzustand 6.
Generationswechsel 10, 48.
Generative Chromidien 7.
Generatives Chromatin 7.
Geschlechtsgeneration von Plasm. vivax 71.
Geschlechtskerne 7.
Giemsalösung 3, 14.
Granula bei Bodo 40.
Gregarinida 88—93.

Haematopinus 50, 56.
Hämatoxylin 3, 13.
Haemophysalis 78.
Haemoproteus noctuae 59—64.
Haemosporidia, Auflösung der 48.
Halbmonde bei Plasmodium 75.
Halteridium-Formen 61.
Hauptgeißel 37.
Hauptkern, vegetativer 7.
— bei Binucleaten 49.
Heliozoa 10.
Hermannsche Flüssigkeit 3, 13.
Herpetomonas 51 u. 52.
Heteropole Mitose bei Haemoproteus 60.
— Teilungen 7.
Heterotricha 11, 96.
Hologamie 8.
Holotricha 11.
Hypotricha 11.
Hunde 4.

Indifferente Formen von Haemoproteus 60.
Infektion von Culex pipiens mit Haemoproteus 60.
— von Ratten und Läusen mit Trypanosoma lewisi 53 f.
Infusoria 11.
Instrumente etc. 1, 2.
Isogameten 8.
Isogamie 8.

Jodalkohol 3, 13.

Kanarienvögel 4.
Kaninchen 4.
Kaninchencoccidiose 82.
Karmin 3, 13.
Karyogamie 8.
Karyosom 6.
Kern 6 ff.
Kernkörperchen 6.
Kernmembran 6.
Kernsaftzone 6.
Kernstab bei Spirochäten 99.
Kernteilungsvorgänge 7.
Kernverschmelzung 8.
Kinetonucleus 7, 37, 48, 55.
Kirschbaumharz 39, 94.
Klatschpräparate 17.
Knospungsteilung 7, 27.
Kochsalzlösung, physiologische 3.
Kolloidales Gemisch 6.
Kompensationsokulare 2.
Konjugation 9, 94.
Kontraktile Vakuolen 6.
— bei Amöben 9.
— bei Ciliaten 94, 97, 98.
Kontrollfärbungen 13.
Kopulation 8, 9.
Körperbewegung der Gregarinen 89.
Kulturen von Amöben 17.
— von Spirochäten 101.
— von Trypanosoma und Haemoproteus 51.
Künstliche Infektion bei Eimeria 88.

Lamblia (u. Octomitus) muris 46—48.
Längsteilung bei Trichomastix 43.
— bei Trypanosoma 55.
Laus 56.
Lebendbeobachtung, Wichtigkeit der 12.
— Technik 12.
Leptomonas jaculum 51—53.
Leukocyten, Unterscheidung v. Entamoeba buccalis 23.
Leukocytozoon ziemanni 65.
Levaditi, Schnittfärbung 101.
Lichtgrün 3, 17.
Limaxamöben 18, 19.
Liningerüst 6.
Lithioncarbonat 14.
Lithobius 79.
Literatur über Amöben 29.
— über Binucleaten 78, 79.
— über Coccidien 88.
— über Gregarinen 93.
— über Myxosporidien 33.
— über Protomonadina 48.
— über Sarkosporidien 36.
— über Spirochäten 105.
Löfflersche Beize 101.
Lohinfus, Amöben aus 17.
Lokomotorischer Kern 7.
Lues (Spir. pallida) 104 f.
Lumbricus herculeus 89 f.

Makronucleus 7, 94.
Makro- und Mikrogameten 8.
Malaria 65 f.
— perniciosa 74.
Mastigophora 11.
Mäuse und Ratten 4.
Merogamie 8.
Merozoiten 8, 71 f.
Metabol 94.
Metachromatische Körper bei Sarcocystis 35.
Mikronucleus 7, 94.
Mikropyle bei Eimeria 87.
Mikroskopische Ausrüstung 2.
Mikrosome 5.
Mitose 7.
Monocystis spec. 90—93.
Multiple Fortpflanzung 8.
Multiple Teilung bei Trypanosoma 56.
Mycetozoa 11.
Myoneme 89.
Myxosporidia 29—33.

Natrium citricum 3.
Nebengeißel 37.
Nepa cinerea 50.
Nuklein 6.
Nukleolen 6.
Nyctotherus cordiformis 98.

Oberflächenspannung 5, 16.
Octomitus muris 46.
Oligotricha 11.
Oocyste 73, 81.
Oogamie 8.
Ookinet 49.
— von Haemoproteus 60.
Opalina ranarum 95, 96.
Organe, Fixation der 17.
Osmiumsäure 3.

Pädogamie 9.
— bei Sphaeromyxa 31 f.
Pansporoblast 31.
Paraglykogen 89.
Paranuklein 6.
Parasitische Formen 4, 10, 11.
Parthenogenese 9.
— bei Haemoproteus 62.
— von Plasm. vivax 72.
Pathogene Arten der Binucleata 49.
Pellicula 5, 37, 38, 94.
Periplast 49, 53.
Peristom 46, 96.
Peritricha 11.
Perniciosa 74.
Petrischalen 1.
Physiologische Bedeutung des Chromatins 7.
Phytomonadina 11.
Pigmentkörnchen 69.
Pikrokarmin 3, 13.
Piroplasma canis 76—79.
Plasmodium malariae 73—74.

Plasmodium immaculatum 74.
— vivax 69—72.
Plasmosome 5.
Plastin oder Paranuklein 6.
Platinchloridosmiumessigsäure 3, 13.
Polkappen 7.
Polkapsel 32.
Polycystiden 89.
Polymastigina siehe Protomonadina 11, 38.
Präpariermikroskop, binokulares 2.
Präparatherstellung 13.
Pravazsche Spritze 2, 51.
Promitose 7.
Prosporoblast 34.
Proteosoma praecox 75.
Protomerit 89.
Protomonadina 38—48.
Protoplasma 5, 6.
Protozoa, System der 10, 11.
Pseudokaryosomkerne 7.
Pseudonavicelle 92.
Pseudopodien 5, 16.
Pyrogallussäure 101.

Quartane Malaria 73.
Querteilung bei Ciliaten 94.
— bei Spirochäten 99, 102.

Radiolaria 11.
Randfaden 44.
— von Spirochäten 99.
Rattenlaus 56.
Reduktion 8, 9.
— bei Amoeba diploidea 21.
— bei Haemoproteus 63.
Reduktionskerne 42.
Regenwürmer 4; (Monocystis) 89 u. f.
Reifung und Befruchtung bei Haemoproteus 62—65.
Restkörper 71, 87, 91.
Reinkulturen von Spirochäten 101.
Rezidive 62.
Rhizoblast 37.
Rhizopoden (Autogamie) 9.
Ringform von Plasm. vivax 69.
Rosettenfiguren bei Trypanosoma 56.
Ruheformen von Tryp. lewisi 57.

Safranin-Lichtgrün 14.
Sarcocystis tenella 34—36.
Sarcodina 10.
Sarcosporidia 33—36.
Schizogonie 8.
— von Plasmodium 69.
Schleppgeißel 37, 39.
Schnittfärbung 17, 82.
Schnittpräparate 17, 82.
Schüffnersche Tüpfelung 69.
Schutzvorrichtung der Encystierung 10.
Schweinedarm (Balantidium coli) 4, 97.
Seepferdchen (Hippocampus) 4.
Sexuelle Kerndifferenzierung 7.
Silbermethode 101.
Solzustand 6.
Somatisches Chromatin 7.
Somatischer Kern 7, 42.
Sonderung der Chromatinelemente 7.
Speicheldrüsen von Culex 67—69.
Spezifische Gestalt 6.
Sphaeromyxa sabrazesi 30—33.
Spindelfigur 7.
Spirochäten 69—105.
Spirochaeta balbianii siehe Cristispira.
— buccalis und dentium siehe Spirosoma.
— pallida und refringens siehe Treponema.
Spirochätenmaterial 100.
Spirosoma 100.
— buccale und dentium 103, 104.
Sporen (Sporocysten) 10.
Sporenbildung bei Sphaeromyxa 31 ff.
Sporoblast 87.
Sporogonie 8, 10, 49.
— von Plasm. vivax 72.
Sporont 72.
Sporozoiten 8.
Stationärer Kern 9.
Stechmücken 65 f.
Steinkäuze 4, 50.
Sternfiguren bei Trypanosoma 56.
Stoffwechselprodukte 5.
Strohinfus zur Amöbenzüchtung 17.
Sublimatalkohol 3.
Suctoria 11.
Synkaryon 8, 42.
Syphilis (Spir. pallida) 104 f.
System der Protozoen 10, 11.

Tausendfuß 79.
Technik der Amöbenuntersuchung 16, 17.
— der Binucleaten 50, 51.
— der Ciliaten 94, 95.
— der Coccidienuntersuchung 82.
— der Gregarinenuntersuchung 89, 90.
— der Myxosporidia 30.
— der Protomonadina 38, 39.
— der Protozoenuntersuchung 12.
— der Sarkosporidien 34.
— der Spirochätenuntersuchung 100, 101.
Teilung bei Spirochäten 99.
Telosporidia 11.
Tertianparasit 69 f.
Tiere für das Praktikum 4.
Treponema 100.
— pallidum 101, 104.
Trichomastix lacertae 42—44.
Trichomonas lacertae 44, 45.
— muris 45.
Tropicaparasit 74.
Trypanosoma brucei 59.
— lewisi 53—59.
Tsetsekrankheit 59.

Undulierende Membran 37, 44, 53.
— — bei Spirochäten 99.
Unterschiede zwischen Culex und Anopheles 67.
— der 3 Malariaarten 71—75.
Ursprung der Centrosome 8.

Vahlkampfia 18.
Vakuolen 5.
Verteilung des Stoffes 1.
Vitalfärbung 12.
Vogelmalaria 75.

Wabenbau 5, 18.
Wanderkern 9.
Weigertsche Färbung 3, 13, 14.
Wimpern 93.

Zeichnen, Wichtigkeit 15.
Zellafter 94.
Zellmund 38, 43, 94.
Zellteilung 7, 8.
Zentralfasern bei Trypanosoma 55.
Zentralspindel mit Centriolen 7.
Zerfallsteilung 8.
Zweiteilung 7.
Zwischenwirte 10.
Zygote 8.
Zyklische Veränderungen am Karyosom 6.

WELLCOME LIBRARY INSTITUTE

Frommannsche Buchdruckerei (Hermann Pohle) in Jena. — 4404

Probleme der Protistenkunde.

Von **F. Doflein**, a. o. Professor der Zoologie an der Universität München.

I. **Die Trypanosomen.** Ihre Bedeutung für Zoologie und Kolonialwirtschaft. (57 S. gr. 8°.) 1909. Preis: 1 Mark 20 Pf.

Fortschritte der Medizin, Nr. 15 vom 30 Mai 1909:

Die 57 Seiten starke Broschüre ist der Abdruck einer bedeutsamen Rede, welche Professor Doflein auf Veranlassung des Vorstandes der 70. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Köln am 24. September 1908 gehalten und in der er Gelegenheit genommen hat, das Trypanosomenproblem im Zusammenhang darzustellen und dabei seine eigene Auffassung auszusprechen, die von der herrschenden Betrachtungsweise dieses Problems abweicht. . . . Das Studium der Broschüre kann auch denen, die sich, wenn auch nur theoretisch, noch nicht mit Trypanosomen beschäftigt haben, oder welchen diese etwa gar noch ganz fremd sind, umso mehr dringend empfohlen werden, als sie, wie bereits erwähnt, darin eine auch für den Laien verständliche zusammenfassende Darstellung der Trypanosomenkunde einschließlich der durch die Trypanosomen veranlaßten Krankheitserscheinungen, der Trypanosomiasis, finden. . . . (Peltzer.)

II. **Die Natur der Spirochaeten.** (VI, 36 S. gr. 8°.) 1911. Preis: 1 Mark 20 Pf.

Centralblatt für Bakteriologie. I. Abt., Bd. 51 Nr. 5/6:

Die vorliegende Monographie stellt eine Erweiterung eines auf dem internationalen Hygienekongreß zu Berlin im Jahre 1907 von dem Verf. gehaltenen Referates dar. Doflein vertritt bezüglich der Stellung der Spirochäten folgende Ansicht: Die Spirochäten sind keine echten Protozoen. „In ihrem Zellbau schließen sie sich am engsten den Bakterien und Cyanophyceen, also Organismen von monerenähnlichem Bau an.“ Immerhin gibt D. die nahen Beziehungen zu den Protozoen zu. Unter keinen Umständen seien sie aber zu den Flagellaten zu rechnen. Auch sei noch nicht sicher, ob alle als Spirochaeten bezeichneten Organismen eine einheitliche Gruppe bilden. . . . Mühlens (Hamburg).

Die blutsaugenden Dipteren.

Leitfaden zur allgemeinen Orientierung, mit besonderer Berücksichtigung der in den deutschen Kolonien lebenden Krankheitsüberträger. Von Dr. **Karl Grünberg**, Assistent am zoolog. Museum in Berlin. Mit 127 Abbildungen im Text. 1907. (VI, 188 S. gr. 8°.) Preis: 4 Mark 50 Pf.

Inhalt: **Allgemeiner Teil. — Systematischer Teil.** Psychodidae. Culicidae. Chironomidae. Simuliidae. Tabanidae. Leptididae. Therevidae. Midasidae. Asilidae. Empididae. Dolichopodidae. Muscidae. Pupipara.

Zeitschr. f. system. Hymenopteriologie u. Dipteriologie. 1907, Heft 4:

Bei dem allgemeinen Interesse, welches in der neueren Zeit die Krankheitsüberträger von Malaria, Schlafkrankheit usw. hervorgerufen haben, ist ein Buch wie das vorliegende am Platze. Es ist übersichtlich, in gedrängter Kürze, mit vorzüglichen Abbildungen von der Hand des Autors unterstützt, geschrieben. Es bietet dem Studierenden, dem Arzte, sowie dem Laien, welcher sich schnell über blutsaugende Krankheitsüberträger belehren will, eine sichere und leichte Hilfe. Weil der Formenkreis der Dipteren, welche geschildert sind, besonders in Rücksicht auf unsere deutschen Kolonien gewählt ist, so kann die Schrift nicht warm genug allen denen empfohlen werden, welche aus Amt oder Neigung sich in oder mit den deutschen Kolonien zu beschäftigen haben. B. Lichtwardt.

Parasitische Plattwürmer.

Von **Max Lühe**, Königsberg i. Pr.

I: **Trematodes.** Mit 188 Abbildungen im Text. (Süßwasserfauna Deutschlands. Heft 17.) 1909. Preis: 5 Mark, geb. 5 Mark 50 Pf.

II: **Cestodes.** Mit 174 Abbildungen im Text. (Süßwasserfauna Deutschlands. Heft 18.) 1910. Preis: 4 Mark, geb. 4 Mark 50 Pf.

Acanthocephali. — Register der Acanthocephalen und parasitischen Plattwürmer, geordnet nach ihren Wirten.

Bearbeitet von **Max Lühe**, Königsberg i. Pr. Mit 87 Abbildungen im Text. (Süßwasserfauna Deutschlands. Heft 16.) 1911. Preis: 3 Mark, geb. 3 Mark 50 Pf.

Versuche zur Immunisierung gegen Trypanosomen.

Von **Hugo Braun** und **Ernst Teichmann**, Frankfurt a. M. 1912. Preis: 3 Mark 50 Pf.

Inhalt: Die Methoden der Schutzimpfung gegen Trypanosomen. Immunisierungsversuche. (Aktive Immunität. Passive Immunität.) Die Spezifität der Trypanosomen. Die Serumfestigkeit. Reagenzglasversuche. Schlußsätze.

Einführung in das Studium der Malariakrankheiten mit besonderer Berücksichtigung der Technik. **Ein Leitfaden für Schiffs- und Kolonialärzte.** Von Dr. **Reinhold Ruge**, Marine-Generalarzt, Prof. an der Universität Kiel. Zweite, gänzlich umgearbeitete Auflage. Mit 2 photographischen sowie 2 farbigen Tafeln und 1 lithographischen Tafel, 124 Abbildungen, 3 Tafeln und 23 Fieberkurven im Text. 1906. Preis: 11 Mark, geb. 12 Mark.

Deutsches Kolonialblatt, vom 15. Juli 1901 (über die erste Auflage):

... Das Buch ist für jede ärztliche Dienststelle in den Tropen unentbehrlich.

Das Blutbild und seine klinische Verwertung (mit Einschluß der Tropenkrankheiten). Kurzgefaßte technische, theoretische und praktische Anleitung zur mikroskopischen Blutuntersuchung. Von Dr. **V. Schilling**-Torgau, Oberarzt, kommandiert zum Institut für Schiffs- u. Tropenkrankheiten in Hamburg. Mit 3 lithogr. Tafeln und 11 Abbildungen im Text. 1912. Preis: 4 Mark 50 Pf., geb. 5 Mark 20 Pf.

Inhalt: **Einleitung.** — I. Teil: **Technik.** — II. Teil: **Theorie, Morphologie und Einteilung der Blutbilder.** Theorie des Gesamtblutbildes. Das erythrozytäre Blutbild. Einteilung der Anämien. Das leukozytäre Blutbild. Einteilung der Leukozytenblutbilder. Anhang: Das Blutbild beim Kinde. — III. Teil: **Die klinische Verwertung des Blutbildes.** Grundregeln. Anhang: Fremde Bestandteile im Blutbilde. Vollständige Blutbilduntersuchung. Alphabetisches Krankheitsregister (mit kurzem Blutbefund). Allgemeines Sachregister (ohne Krankheiten).

Deutsches Archiv für klinische Medizin, 1912:

Dem Verfasser stand das große Material des Institutes für Schiffs- und Tropenkrankheiten zu Gebote. Daher war er in der Lage, auf Grund eigener Erfahrung, die man sich sonst in Deutschland kaum erwerben kann, eine sehr gute Darstellung der tropischen Blutparasiten zu geben. Hierin möchte ich einen Hauptvorzug des Buches sehen. Die Darstellung wird durch sehr gelungene Tafeln auf das Beste ergänzt. Auch in den übrigen Teilen des Werkes spricht sich reiche, eigene Erfahrung aus.... Das Buch von Schilling-Torgau wird dem sehr gute Dienste leisten, der schon einige hämatologische Kenntnisse besitzt. Es enthält eine Fülle wichtiger und interessanter, dabei wenig bekannter Tatsachen. Morawitz.

Lehrbuch der Protozoenkunde. Eine Darstellung der Naturgeschichte der Protozoen mit besonderer Berücksichtigung der parasitischen und pathogenen Formen. Von Dr. **F. Doflein,** a. o. Prof. der Zoologie an der Universität München. Dritte, stark vermehrte Auflage. Mit 951 Abbildungen im Text. (XII, 1043 S. gr. 8°.) 1911.
Preis: 26 Mark 50 Pf., geb. 29 Mark.

Inhalt: I. Teil. Allgemeine Naturgeschichte der Protozoen. 1. Allgemeine Morphologie der Protozoen. 2. Allgemeine Physiologie der Protozoen. 3. Die Fortpflanzung der Protozoen. 4. Biologie der Protozoen. 5. System der Protozoen. 6. Technik der Protozoenuntersuchung. — II. Teil. Spezielle Naturgeschichte der Protozoen. Die Spirochäten (Proflagellaten). Der Parasitismus und die pathogene Bedeutung der Spirochäten. — Stamm: Protozoa. 1. Unterstamm: Plasmodroma. II. Unterstamm: Ciliophora. — Autoren- u. Sachregister.

Berliner klin. Wochenschrift, Nr. 49, vom 4. Dezember 1911:

Gerade für den mit den Tropenkrankheiten beschäftigten Arzt ist das Werk mit seinen zahlreichen mustergültigen Abbildungen ein äußerst wertvolles Lehr- und Nachschlagebuch. Eingehende Kenntnis der hier behandelten Verhältnisse ist für den Tropenarzt heutzutage wohl unentbehrlich ... Im ersten Teil des Buches sind die allgemeinen Lebenserscheinungen der Protozoen behandelt, wie Bau, Ernährung, Fortpflanzung und die sonstigen Lebensäußerungen. Im zweiten Teil wird in systematischer Uebersicht die speziellere Naturgeschichte über die Klasse der Protozoen gegeben. Die ausführlichen Literaturangaben bei jedem einzelnen Abschnitt machen das Buch zu einem wertvollen Hilfsmittel für alle wissenschaftlichen Arbeiten auf dem einschlägigen Gebiet. Durch die ausgezeichneten Abbildungen wird das Verständnis sehr erleichtert und gefördert ... Einer besonderen Empfehlung in den engeren Fachkreisen bedarf das Werk wohl kaum noch. Daß es in immer weiteren Kreisen bekannt wird, ist nur zu wünschen.

Zeitschrift für Infektionskrankheiten, Bd. XI, Heft 2:

... Das Buch Dofleins ist eine der wertvollsten Erscheinungen auf dem Felde der modernen Biologie. Niemand, der auf dem Gebiete der Protozoologie arbeiten will oder nähere Orientierung sucht, kann das ausgezeichnete mit fast 1000 vorzüglichen Abbildungen ausgestattete Werk entbehren. Erneut möchte ich es auch den Tierärzten auf das Wärmste empfehlen. Joest.

Frommann'sche Buchdruckerei (Hermann Pohle) in Jena.